



Redskapen i experimentellt arbete

Utredning av skollaboratoriets utrustning ur kemilärarens synvinkel

Jenni Julia Rosnell

Pro gradu-avhandling

Handledare: Rose-Marie Latonen

Fakulteten för naturvetenskaper och teknik

Åbo Akademi

Åbo, Finland 2020

Åbo Akademi

Rosnell, Jenni Julia

Redskapen i experimentellt arbete

Pro gradu-avhandling, 69 sidor och 4 bilagor

Vintern 2020

Kemiundervisningen rör sig mellan olika nivåer av kemisk kunskap. Fenomen på submikronivån beskrivs med modeller som är en viktig del av kemin. Inlärnigen av kemin stöds med hjälp av uppgifterna som utvecklar elevens tankeförmåga. Trots allt bildas det missuppfattningar hos eleverna under kemiundervisningen. Kemilärarens uppgift är framför allt att ge bra undervisning vilket betyder att eleverna lär sig. I bra kemiundervisning utnyttjas didaktisk och pedagogisk kunskap och används undervisningsmetoder som är typiska för kemin. Planeringshjälpmedlen som läroböcker stöder lärarens planeringsarbete.

Experimentellt arbete är en central del av kemiundervisningen men det förutsätter laborieutrustning. Laborieredskapen i skolor har fått mindre uppmärksamhet bland forskarna fast det är en nödvändig del av experimentellt arbete och kan ha inverkan på lärarens planeringsarbete. Målsättningen i denna pro gradu-avhandling var att utreda skollaboratoriernas vanliga utrustning och kemilärarnas åsikter om laborieutrustningen i sin skola. Utredningen gjordes med hjälp av en enkät som skickades till finländska skolor. Målsättningen i den experimentella delen av avhandlingen var att utveckla ett laborationsarbete för gymnasie- och universitetsstuderandena.

De lärare som deltog i utredningen var mer nöjda än missnöjda med laborieutrustningen i sin skola, och tillgången till redskap var mycket god. Skolorna hade redskap från flera olika utrustningsgrupper. Många lärare hade en positiv bild av utrustningens egenskaper. Utrustningen i skollaboratoriet innehöll alla centrala redskap även om det saknades några redskap enligt lärarna. Laborieutrustningen spelade en viktig roll i kemilärarens planeringsarbete. Lärarna planerade det experimentella arbetet genom att beakta utrustningen i skollaboratoriet. Utrustningen fungerade alltså som utgångspunkt för planeringen.

Nyckelord: experimentellt arbete, laborieutrustning, skollaboratorium, planering

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
2 Utgångspunkter för kemiundervisningen	3
2.1 Tre nivåer av kemisk kunskap.....	4
2.2 Modeller inom kemin	5
2.3 Kunskapsnivåer i kontext av kemin	9
2.4 Kvaliteten på naturvetenskaplig kunskap	12
2.4.1 Missuppfattningar i kemin	13
3 Kemiundervisningens karaktär	16
3.1 Didaktikens roll i undervisningen	16
3.1.1 Lärarens pedagogiska innehållskunskap.....	19
3.2 Pedagogiska modeller	20
3.2.1 Aktiverande undervisning	20
3.2.2 Undersökande undervisning.....	21
3.3 Experimentella undervisningsmetoder	24
3.3.1 Laborationer	25
3.3.2 Demonstrationer	27
4 Planering av experimentellt arbete	29
4.1 Lärarens planeringsprocedur.....	29
4.1.1 Lärandemålen och innehållet i ett experiment	31
4.1.2 Undervisningsarrangemang i ett experiment	34
4.2 Allmänna planeringshjälpmedel.....	35
4.2.1 Läroplanen och grunderna för läroplanen.....	36
4.2.2 Läroböcker	37
5 Laboratorieutrustningen i skolan	38

6 Utredning av skollaboratoriets vanliga utrustning	40
6.1 Forskningsmetod	40
6.2 Forskningsresultat.....	41
6.2.1 Laborarieutrustningens sammansättning	41
6.2.2 Användning av laborarieutrustningen	43
6.2.3 Laborarieutrustningens egenskaper	45
6.2.4 Inverkan på planeringsarbetet	49
6.3 Diskussion och slutsatser	52
6.3.1 Sammandrag.....	54
6.3.2 Utredningens tillförlitlighet	54
7 Utveckling av laborationsarbetet	55
7.1 Planeringsprocessen.....	55
7.2 Instruktionerna för arbetet.....	56
Referenser.....	57
Bilaga 1. Enkäten för kemilärarna	70
Bilaga 2. Listan över skolorna.....	74
Bilaga 3. Data från utredningen.....	76
Bilaga 4. Instruktionerna för laborationsarbetet	83

1 Inledning

Inläringen och undervisningen av kemin studeras mycket. Det finns mycket information om inläringssvårigheter i kemin samt undervisningsmetoder som används i kemiundervisningen, till exempel undersökande undervisning.^{1,2} Speciellt experimentellt arbete i kemiundervisningen har lyfts fram med flera aspekter. Studierna förklarar hur experimentella arbetet påverkar elevens inläring, intresse och motivation för kemi.^{3,4,5} Gemensamt för alla dessa studier är att de fokuserar på eleven och den egentliga undervisningssituationen när kemiläraren undervisar. Planeringsarbetet som sker före undervisningssituationen och lärarspekt har fått mycket mindre uppmärksamhet hos forskarna.

Lärarens arbete beskrivs ofta som stressigt och krävande. Experimentellt arbete i kemiundervisningen ökar ännu mängden av lärarens planeringsarbete. Experimenten testas ofta före undervisningssituationen och det krävs vissa undervisningsarrangemang för att genomföra experimenten. Kemiläraren tänker på arbetssäkerhet, förbereder lösningar, hämtar reagenser och gör andra förberedelser som krävs för experimentet. Planering av experimentella arbetet är en del av kemilärarens vanliga arbete och enligt egna erfarenheter tar det den största delen av lärarens planeringstid. Planeringsarbetet underlättas av olika planeringshjälpmedel. Man kan hitta lämpliga experiment i kemiläroböcker eller på webbsidor ämnade som stöd för naturvetenskapliga undervisningen.

En förutsättning för experimentellt arbete och en central del av ett experiment är skollaboratoriets utrustning. Med hjälp av laborieutrustningen studerar eleverna kemiska fenomenen och övar forskningsmetoder som är typiska för kemisk vetenskap. Det behövs många annorlunda och mångsidiga laborieredskap i experimentellt arbete för att eleverna lär sig naturvetenskapliga metoder såsom mätning och separationsmetoder. Tillgång till utrustning i finländska skolor är ändå dålig enligt ställningstagande av riksförbundet för lärare i matematiska ämnen MAOL rf.⁶ Laborieredskapen som är föråldriga eller saknas hindrar orimligt experimentellt arbete och genomföring av experiment i skolan.⁷ Brist på redskap minskar undersökande arbetssätt och ansats på kemilektionerna i flera finländska skolor.

Skolans uppgift är att erbjuda en inlärningsmiljö där läroämnet kan undervisas med undervisningsmetoder som är typiska för det. Skollaboratoriet ska innehålla åtminstone de vanligaste laboratorieredskapen som behövs till de flesta experiment, till exempel mätredskap. Kemiläraren är en expert inom sitt ämne och vet bäst hurdana och vilka redskap behövs för bra kemiundervisning. Det har inte studerats tillräckligt om tillgång till utrustning och användning av utrustningen i finländska skolor och ännu mindre om lärarnas erfarenheter av och uppfattningar om laboratorieutrustningen i sin skola. På grund av brist på forskning fokuseras det i denna pro gradu-avhandling på att studera utrustningen i ett vanligt skollaboratorium ur kemilärarens synvinkel.

Avhandlingen har två mål. Det första målet är att utreda typisk laboratorieutrustning i ett finländskt skollaboratorium samt kemilärarnas uppfattningar om laboratorieutrustningen i sin skola. Avhandlingen letar efter svar för följande forskningsfrågor:

1. Vilka laboratorieutrustningar finns det i de flesta skollaboratorier?
2. Vilka redskap utnyttjar lärare mest i sina experimentella laboratoriearbeten, och varför?
3. Vilka åsikter har kemilärare om tillgång till och kvalitet på skollaboratoriets utrustning?
4. Hur påverkar utrustningen planeringen av experimentellt arbete?

Med hjälp av forskningsfrågorna studeras utrustningens sammansättning i finländska skolor, användningen av laboratorieutrustning, kemilärarnas uppfattningar om utrustningens egenskaper och utrustningens inverkan på lärarens planeringsarbete, till exempel planerar eller modifierar kemiläraren experimenten enligt tillgången till utrustningen.

Utredningen fokuserar endast på laboratorieutrustningen som används i kemiundervisningen trots att kemiläraren undervisar ofta flera läroämnen (en traditionell och populär ämneskombination för kemiläraren är kemi, fysik och matematik). Ytterligare fungerar skollaboratoriet som klassrummet för både kemi- och fysikundervisningen. Experimentellt arbete är lika centralt för fysikundervisningen men laboratorieutrustningen och arbetsmetoderna skiljer sig från kemiundervisningen. Kemin har sin speciella karaktär och det behövs specifik laboratorieutrustning för att kunna undersöka ämnets egenskaper och genomföra kemiska experiment. Det behövs

flera olika kemikalier (till exempel reagenser, lösningsmedel och indikatorer) men lika viktiga är glas- och plastvaror som kärl och mätinstrument.

På grund av MAOLs ställningstagande förväntas det i denna utredning att kemilärarna inte är nöjda med skollaboratoriets utrustning i sin skola. Också egna erfarenheter stöder denna forskningshypotes. Skolorna har ofta en begränsad mängd av laboratorieredskap varför redskapen inte räcker för alla elever eller elevgrupper. Det kan saknas vissa redskap på grund av ekonomiska orsaker; laboratorieutrustningen är vanligtvis dyr och skolorna har en begränsad budget. Därför förväntas också att utrustningen i skollaboratoriet begränsar delvis lärarens fria planeringsarbete. Brist på laboratorieredskap kan hindra en del av experiment som kemiläraren har planerat men samtidigt uppmuntra läraren att göra kreativa lösningar i planeringen av experimentet. I vissa fall kan redskapet som saknas ersättas med ett annat. Planeringshjälpmedlen som läraren använder kan erbjuda flera olika sätt att genomföra experimentet eller ett alternativt sätt att undervisa innehållet utan elevlaborationer.

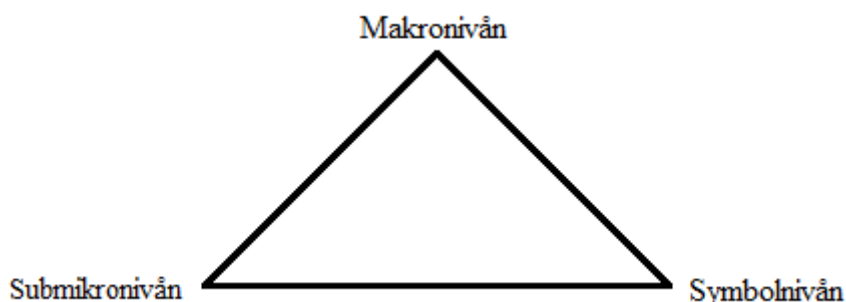
Det andra målet i denna pro gradu-avhandling är att utveckla ett experiment som kan användas i kemiundervisningen. Den experimentella delen av avhandlingen utmanar en nästan färdig kemilärare att prova sina pedagogiska kunskaper i planeringen av ett experimentellt arbete. Det ger en konkret inblick i hur kemiläraren utnyttjar skollaboratoriets utrustning och hur utrustningen påverkar planeringsarbetet. Ett experiment har utvecklats på analytisk kemi vid Åbo Akademi. Experimentet är ett laborationsarbete för gymnasie- och universitetsstuderande.

2 Utgångspunkter för kemiundervisningen

I detta kapitel behandlas uppfattningar och förutsättningar som fungerar som utgångspunkter för kemiundervisningen. Viktiga utgångspunkter som lyfts fram i texten är egenskaper hos kemisk kunskap, kemiska modeller, kunskapsnivåer och kunskapets kvalitet. Dessa fyra teman studeras allmänt i didaktisk forskning och anses som centrala för kemiundervisningen.

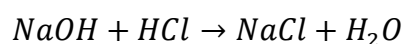
2.1 Tre nivåer av kemisk kunskap

Kemisk kunskap är komplex och den kan studeras från olika aspekter. Kemisk kunskap delas i tre nivåer enligt Johnstones triangelmodell (figur 1).⁸ Nivåerna kallas för makronivån, submikronivån och symbolnivån. Makronivån innebär alla fenomen som kan observeras med sinnen, till exempel doft och färg. Inläringen av kemi börjas på makronivån, det vill säga undervisningen byggs upp först av elevernas observationer och erfarenheter.⁹ Efter att elevernas tankeförmåga har utvecklats kan submikro- och symbolnivån betonas i kemiundervisningen. Submikronivån beskriver fenomen som sker på atom-, jon- eller molekylnivå och ämnets struktur på dessa nivåer.⁸ Submikronivån kan till exempel beskriva en redox reaktionen mellan två metaller. Symbolnivån betyder tecken, formler, ekvationer, modeller och grafer som används i kemin. På submikro- och symbolnivån förklaras fenomen med ämnets struktur och egenskaper samt kemiska reaktioner genom kemiskt teckenspråk i stället för observationer.⁹



Figur 1. De tre nivåerna av kemisk kunskap utgående från Johnstones triangelmodell.⁸

Komplexitet av kemisk kunskap kan studeras noggrannare med ett hypotetiskt exempel: natriumhydroxid titreras med saltsyra. Under titreringen kan man observera färgomvandlingen med hjälp av en indikator vilken gör den kemiska reaktionen synlig. Man kan också mäta pH-förändringen under titreringen. En kemisk reaktion är en händelse på submikronivån. Natriumjoner reagerar med kloridjoner och bildar natriumklorid. Reaktionen mellan väte- och hydroxidjoner orsakar förändringen i pH samt färgomvandlingen. På symbolnivån kan man skriva en reaktionslikhet för denna reaktion med kemiska tecken:



Exemplet visar att det är möjligt att röra sig samtidigt eller skilt på alla nivåer av kemisk kunskap när man studerar kemiska fenomen. Men presenteringen och rörandet samtidigt på alla nivåer kan orsaka missuppfattningar hos eleverna.¹⁰ Förklaringen av makronivåns fenomen är lätt därför att eleverna kan uppleva dem på konkret sätt genom att se, lukta, känna eller höra. Fenomen som sker på submikronivån och inte kan observeras med sinnen är svåra för eleverna att förklara.^{11,12} Kemin behandlar ämnens egenskaper och omvandlingar som är abstrakta och för att förstå makroskopiska observationer behövs det modellerna och representationer på submikronivån.¹³

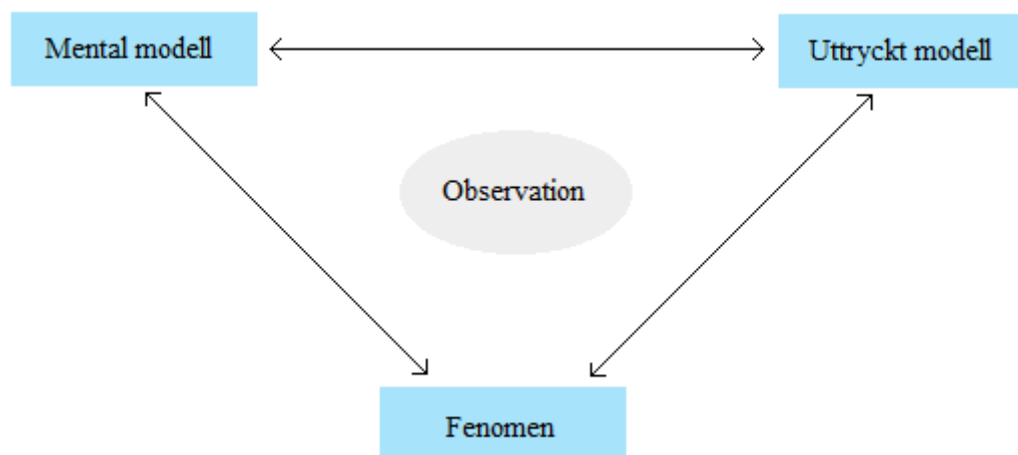
2.2 Modeller inom kemin

Modeller spelar en signifikant roll vid inläringen och förståelsen av kemi.^{14,15} Modeller hjälper inläringen men å andra sidan är de en del av kemin som eleven ska lära sig. Modeller behövs för att göra ett osynligt fenomen på submikronivån synligt.¹⁶ Man kan inte se atomer eller elektroner men de kan beskrivas med olika atommodeller. För att förstå kemisk bindning ska eleven först förstå atommodellens syfte och innehåll.¹⁴ För att inse kemins karaktär ska eleven förstå hur stor inverkan vetenskapliga modeller har i utvecklingen av kemisk kunskap.¹⁷ Inom kemin tolkas och förklaras fenomen med modeller. Fenomenen kan också modelleras och behandlas matematiskt. Därför har modeller en viktig roll i att beskriva och förklara studier.¹⁸

Modellernas enda betydelse i undervisningen är inte att göra det osynliga synligt utan också att erbjuda förutsägbarhet och förklaringar till fenomen.¹⁹ En modell är en representation av ett fenomen och producerat endast för ett specifikt syfte.¹⁷ Eleven ska inse att modellerna inte representerar verkligheten. Modellerna innehåller ofta antaganden och onoggranheter.²⁰ De är hypoteser över hur systemet kan beskrivas. Det finns inte en perfekt modell varför det är viktigt att förstå modellernas möjligheter samt begränsningar.¹⁸ Modellerna utvecklas av forskare och de kan ändras eller ersättas när ny kunskap produceras.¹⁵ På detta sätt åldras kemiska modeller snabbt när vetenskapen utvecklas och modeller förändras. En ny modell kan beskriva systemet bättre än den gamla.¹⁸ Kemiska modeller och modellering är centrala i utvecklingen av vetenskaplig kunskap och det kemiska tänkandet och därför innebär inläringen av

kemin att känna till befintliga modeller och deras begränsningar.²¹ Modellerna spelar också en viktig roll i spridningen av resultat från studier.

En vetenskaplig modell har anknytningar till många andra modeller som egentligen fungerar som en grund för den.¹⁷ En modell kan vara en mental, uttryckt, vetenskaplig, historisk eller en undervisningsmodell. En mental modell är en privat och personlig representation som används för att förstå fenomenet. Uttryckta modeller bildas från mentala modeller.²² När en mental modell presenteras offentligt blir den en uttryckt modell.¹⁷ Mentala och uttryckta modeller påverkar tillsammans elevens sätt att observera fenomen och fenomenen har inverkan i hur elevens mentala modeller bildas (figur 2).²² En uttryckt modell presenterar valda egenskaper av en mental modell och fenomenet.

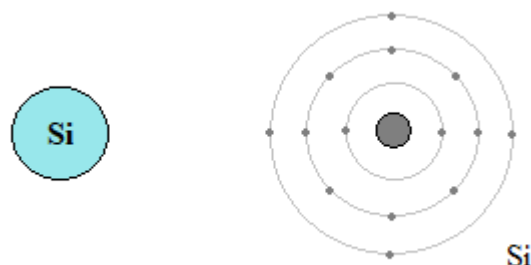


Figur 2. Förhållandet mellan en mental modell, en uttryckt modell och fenomen utgående från Buckley & Bolters modell.²²

Efter att den uttryckta modellen har accepterats bland forskare och experter kan modellen kallas för en vetenskaplig modell.¹⁷ Vetenskapliga modeller ersätts med nya vetenskapliga modeller när vetenskapen utvecklas och gamla modeller blir historiska modeller. Historiska och vetenskapliga modeller förenklas och modifieras så att de blir lämpliga för undervisningen och inläringen av olika fenomen.²¹ Förenklade modeller som används i undervisningen kallas för undervisningsmodeller.

Undervisningsmodellerna har långa rötter i historia, bra exempel är de olika atommodellerna (figur 3). På 1800-talet publicerade John Dalton en atommodell (en bollmodell) som används i kemiundervisningen fortfarande. I början av 1900-talet presenterade Niels Bohr sin egen atommodell som innehöll en atomkärna och

elektronskal (Bohr modell). Undervisningsmodeller kan vara förenklade historiska modeller men också kombinationer av historiska och vetenskapliga modeller. Hybridmodellerna används mycket i naturvetenskaplig undervisning av läraren och läroböckerna fast det kan vara svårt att använda dem som stöd för elevens inläring.²³




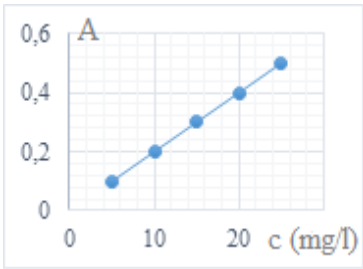
Figur 3. Exempel på undervisningsmodeller för beskrivning av atomstrukturen.

Förenklandet av vetenskapliga modeller är nödvändigt men modeller ska förenklas bara till en viss optimumnivå.^{21,24} En bra undervisningsmodell är vetenskapligt korrekt men lätt att förstå.²⁴ Det finns två problem i användningen av undervisningsmodeller. Eleverna ser kemin som ett svårt och krävande ämne på grund av modellerna.¹⁴ Undervisningsmodeller hjälper inte heller eleverna att förstå modellens syfte och innehåll.²¹

Det används olika presentationssätt för att presentera modeller (tabell 1).²⁵ En modell kan beskrivas på ett eller flera sätt och varje presentationssätt erbjuder en ny aspekt för att studera fenomenet. Eleverna kan bekanta sig med molekylstrukturen med boll- och stick-modellerna, kemiläraren kan beskriva strukturen med ord eller eleverna kan studera strukturen med hjälp av molekylmodelleringsprogram. Modellernas presentationssätt kan klassificeras enligt följande

- Ett konkret sätt är tredimensionellt och tillverkat från fast material
- Ett verbalt sätt kan vara tal eller skrift som innehåller beskrivningar om helheter och förhållanden mellan dem
- Ett symboliskt sätt omfattar kemiska symboler, likheter och ekvationer
- Ett visuellt sätt innehåller grafer, diagram, figurer eller animationer
- Gester betyder kroppens eller kroppsdelarnas rörelse, till exempel handrörelsen.¹⁷

Tabell 1. Exempel på undervisningsmodeller med olika presentationssätt

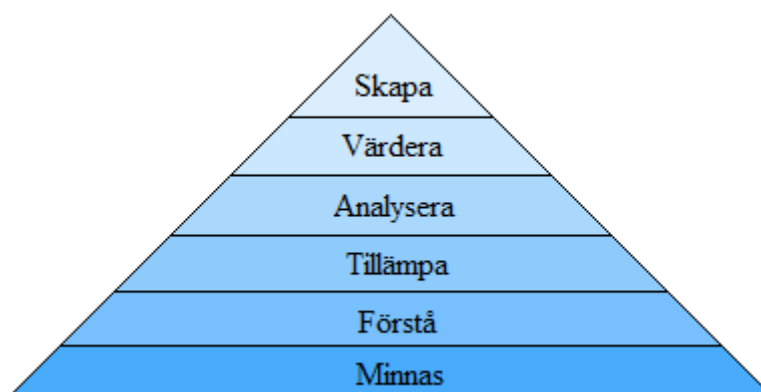
Presentationssätt	Exempel	Syfte
Konkret		Plastmodellen beskriver molekylens (bensen, C ₆ H ₆) tredimensionella struktur.
Verbalt	”Redox reaktion är en kemisk reaktion där ett ämne avger elektroner (oxideras) och ett annat ämne tar mot elektronerna (reduceras).”	Texten definierar en redox reaktion.
Symboliskt	$c = \frac{n}{V}$	Ekvationen beskriver förhållandet mellan ämnets koncentration (c), volym (V) och substansmängd (n).
Visuellt		Grafen beskriver förhållandet mellan ämnets koncentration (c) och absorbans (A).
Gester	Håret borstas med kammen. Efter det placeras kammen nära håret. Håret lyfts upp mot kammen.	Gester beskriver hur elektrisk laddning bildas under gnidning.

Uppfattningar om modeller varierar bland eleverna och de kan delas i tre klasser enligt elevens förståelsenivå.²⁶ På den lägsta uppfattningsnivån tänker eleven att modellen är en exakt och noggrann kopia av verkligheten. Denna uppfattningsnivå är tyvärr vanlig inom naturvetenskaper: eleverna brukar tänka att modellen är likadan som dess objekt.²⁷ En del av eleverna till och med ser modellen bara som en leksak.²⁶ På den mellanliggande uppfattningsnivån förstår eleven att modellen skapas för ett specifikt syfte och den har en specifik målsättning. Den högsta uppfattningsnivån är en expertnivå som eleven inte uppnår självständigt. På denna nivå förstår eleven modellerarens aktiv roll i bildningen av modellen och modellens syfte för testning av idéer.

Det är svårt för eleven att förstå förhållandet mellan modeller eller betydelse för jämföring av olika modeller.^{15,28} Eleverna brukar blanda modellernas syfte och skapa egna felaktiga hybridmodeller som hindrar att förstå den vetenskapliga förklaringen för fenomen.¹⁵ Det har bevisats att eleverna har problem också med uppfattning av förhållandet mellan modeller med olika presentationssätt fast modellerna beskriver samma fenomen. I forskningen av Kern²⁸ presenterades en reaktionslikhet om förbränning för eleverna. Uppgiften var att balansera reaktionslikheten och rita reaktionen med bollmodellen. Eleverna lyckades bra i behandlingen av den symboliska modellen men övergången till den visuella modellen var svår, bara en tredjedel av eleverna lyckades rita modellen rätt.

2.3 Kunskapsnivåer i kontext av kemin

Elevernas kunskaper i kemi betraktas, uppskattas och utvecklas med hjälp av kognitiva kunskapsnivåer. De kognitiva kunskaperna klassificeras enligt Blooms taxonomi.²⁹ Kunskapsnivåerna i Blooms reviderade taxonomi har namngivits med verb som beskriver de kognitiva processerna på nivån (figur 4).³⁰ Utmaningen av processerna ökar med höjden varför taxonomin delas i låga nivåers (eng. *Lower-order cognitive skills, LOCS*) och höga nivåers kognitiva kunskaper (eng. *Higher-order cognitive skills, HOCS*).³¹ Elever med kognitiva kunskaper i låga nivåer kommer ihåg, förstår och tolkar kunskap.²⁹ Eleverna med kognitiva kunskaper i höga nivåer kan använda kunskap i rätt sammanhang, dela kunskap i mindre delar och förstå förhållandet mellan delarna, förstå olika lösningars betydelse och skapa ny kunskap med hjälp av sina tidigare kunskaper.



Figur 4. Blooms reviderade taxonomi utgående från Krathwolhs modell.³⁰

Det har utvecklats en tvådimensionell taxonomi utgående från Blooms taxonomi.³² Den kombinerar de kognitiva processerna med olika kunskapstyper (tabell 2). Taxonomin används som stöd för planeringen av undervisning; med hjälp av tabellen kan kemiläraren klassificera målen för undervisningen. Det bildas olika kunskapsnivåer genom att kombinera olika kognitiva processer med olika kunskapstyper. Kunskapstyperna har delats i fyra klasser: fakta-, koncept- och metodkunskap samt metakognitiv kunskap. Alla fyra underklasser är viktiga för meningsfull inläring av kemi.³¹

Tabell 2. Blooms reviderade taxonomi enligt Anderson & Krathwohl³²

Kunskap	Kognitiv process					
	Minnas	Förstå	Tillämpa	Analysera	Värdera	Skapa
Fakta-kunskap						
Koncept-kunskap						
Metod-kunskap						
Metakognitiv kunskap						

Varje kunskapstyp har sitt eget innehåll. Faktakunskap omfattar kunskap om terminologi, detaljer och grundelement.^{30,32} Konceptkunskap betyder kunskap om begrepp i större sammanhang, det vill säga kunskap om teorier, modeller, generaliseringar, strukturer och förhållanden. Metodkunskap är kunskap om forskningsmetoder och -kunskaper, algoritmer samt tekniker. Det innehåller också kunskap om läroämnet, ämnesspecifika tekniker och metoder samt deras användningskriterier. Metakognitiv kunskap betyder kunskap om sin egen kognition och allmän kunskap om kognition.

Elevernas kognitiva kunskaper utvecklas genom olika uppgiftstyper.³³ Uppgifterna som kräver att eleven kommer ihåg och förstår kunskap utvecklar kognitiva kunskaper i låga nivåer enligt Blooms taxonomi. Uppgiften A nedan är ett exempel på uppgiftstyper som utvecklar kognitiva kunskaper på den lägsta nivån. För att lösa

problemet krävs det att eleven kommer ihåg kunskapen (tecken för grundämnena i detta fall) och utnyttjar den i uppgiften. Uppgifter där eleven tolkar, klassificerar, refererar, drar slutsatser, ger exempel, jämför eller motiverar utvecklar den andra nivåns kognitiva kunskaper. Uppgiften B nedan är ett exempel på denna uppgiftstyp. Eleven klassificerar ämnen enligt deras egenskaper (enligt surhet i detta fall) och motiverar sitt svar (beskriver faktorer som påverkar ämnets surhet).

A. Skriv kemiska tecken för följande grundämnen

a) silver b) kalium c) syre d) jod e) svavel.

B. Är följande ämnen sura eller basiska? Motivera ditt svar.

a) KOH b) HCl c) ättika d) ammoniak e) apelsinsaft

På de följande kunskapsnivåerna blir de kognitiva processerna mer utmanande.³¹ Den tredje nivåns kognitiva kunskaper utvecklas med problemlösningssuppgifter. För att lösa problemet används kunskaper och metoder som eleven har lärt sig tidigare.^{31,33} Problemlösningssuppgifter kan vara likadana med uppgifter som eleven har tidigare gjort eller obekanta för eleven. Uppgiften C är ett exempel där eleven använder sina tidigare kunskaper (kunskap om kemisk bindning) för att lösa problemet. Den fjärde nivåns kognitiva kunskaper utvecklas av analyseringsuppgifter där eleven separerar relevant och irrelevant information, organiserar sitt arbete, analyserar och producerar text.^{31,33} Analyseringsuppgifter är delvis öppna, det vill säga uppgiften lägger gränser för elevens arbete. Uppgiften D är ett exempel på en analyseringsuppgift där eleven tänker på arbetsfaser och deras ordning samt presenterar sin idé i verbal form.

C. Rita en molekyl som

a) består av två kolatomer och fyra väteatomer

b) består av tre kolatomer och sex väteatomer

c) består av en kolatom, två syreatomer och två väteatomer.

D. Beskriv hur man förbereder en 1,0 M lösning.

Uppgifter som utvecklar de två högsta nivåers kognitiva kunskaper kräver kritiskt tänkande och kreativitet.^{29,30,34} Det kritiska tänkandet består av vetenskapligt, systematiskt, analytiskt och vertikaliskt tänkande. Den naturvetenskapliga undervisningen betonar typiskt kritisk tänkande och eleverna handleds att tänka

kritiskt genom olika uppgifter. Eleverna uppmuntras att motivera sina svar och påståenden, dra slutsatser utgående från observationer och mätningar och approximera fel och felkällor.^{31,35} Dessa aktiviteter utvecklar den femte nivåns kognitiva kunskaper i Blooms taxonomi. Ett exempel på typiska exempeluppgifter är uppgiften E som vägleder eleven att tänka på faktorer som påverkar forskningsresultat.

E. Fundera på forskningens tillförlitlighet och reproducerbarhet.

Kreativt tänkande består av intuitivt, divergent och lateralt tänkande som motsvarar kognitiva kunskaper på den högsta nivån i Blooms taxonomi.^{29,34} Kreativt tänkande förutsätter att eleven känner olika metoder samt deras användningssätt och har mångsidiga kunskaper.³⁵ Den naturvetenskapliga undervisningen uppmuntrar sällan att tänka kreativt fast flera uppgifter förutsätter det. Uppgifterna kan handla om formulering av hypoteser, planering av arbete eller producering av egen text.^{31,33} Exempeluppgiften F uppmuntrar eleven att skriva en egen text genom att tänka kreativt. Det finns inte ett rätt svar utan eleven kan använda sin fantasi.

F. Föreslå utvecklingsidéer för återvinningen i Finland. Tänk på genomförbarhet, lönsamhet och lätthet.

2.4 Kvaliteten på naturvetenskaplig kunskap

En del av den naturvetenskapliga allmänbildningen är naturvetenskapligt tänkande, det vill säga förmåga att förstå naturvetenskaplig kunskap och dess utvecklingsprocess samt tolka och utnyttja kunskap i vardagen.³⁶ Det finns många definitioner för vetenskaplig kunskap men bra kännetecken är till exempel att

- kunskap motiveras med hjälp av vetenskapliga metoder
- påståenden och motiveringar är offentliga
- kunskap studeras kritiskt och den korrigeras
- kunskap testas experimentellt.^{37,38}

Vetenskaplig kunskap kan definieras som kunskap vilken binder ihop förhållanden mellan flera exakt definierade begrepp till en helhet och syftar på att beskriva verkligheten på ett exakt, realistiskt och omfattande sätt.³⁹ Vetenskaplig kunskap består av allmänna lagar och principer vilka bildar ett hierarkiskt system.⁴⁰

Vetenskaplig kunskap ändras och utvecklas hela tiden, den ena delen av kunskapen överges och den andra delen kompletteras. Förståelse om kunskapens pålitlighet och osäkerhet behövs för att förstå karaktären hos naturvetenskaper.³⁸

Enligt en klassisk definition är kunskap en motiverad sanning som baserar sig på tradition, auktoritet, egna erfarenheter och observationer.⁴⁰ Kunskap som baserar sig på människans upplevelsevärld kallas för vardaglig kunskap.³⁹ Den bildas på enskilda situationer genom selektiva observationer. Slutsatserna är ofta ologiska och fenomen studeras utanför deras kontext.^{39,40} Vardaglig kunskap beskriver och kategoriserar fenomen. Den består av enskilda kunskaper som inte bildar ett system. Vardaglig kunskap produceras i vardagen hela tiden när barnet bildar sina egna uppfattningar för att förklara till exempel naturfenomenen. Barnets egna förklaringar är generaliseringar och ofta felaktiga.⁴¹ Barnet kan inte uppfatta vetenskapliga modeller genom sina upplevelser eller koppla en konkret upplevelse till den rätta vetenskapliga modellen.^{42,43} Flera faktorer, till exempel böcker och media, kan orsaka förhandsuppfattningar hos barn och samhällets kultur, tro och ställningar påverkar bildningen av förhandsuppfattningar.⁴¹

Eleverna kan ha förhandsuppfattningar före naturvetenskaplig undervisning och egna uppfattningar håller kraftigt fast oberoende av undervisningen.⁴⁴ De oförändrade förhandsuppfattningarna är ett hinder för inläringen av naturvetenskaper. På grund av förhandsuppfattningar sker det litet naturvetenskapligt tänkande och assimilering av naturvetenskaplig kunskap. Men elevens egna uppfattningar kan ersättas med vetenskapliga uppfattningar genom naturvetenskaplig undervisning.⁴⁵ Eleverna bildar kunskap i lärarens handledning. Genom att utreda elevernas förhandsuppfattningar och beakta dem i kemiundervisningen kan kemiläraren utveckla elevernas tänkande och stöda inlärningsprocessen.^{46,47}

2.4.1 Missuppfattningar i kemin

Förhandsuppfattningar är inte den enda faktorn som påverkar inläringen av kemi utan också missuppfattningar som bildas under undervisningssituationen har inverkan. Eleven bildar aktivt nya missuppfattningar som baserar sig på elevens inläring och lärarens undervisning.³⁹ Det hur koncept undervisas i kemin har inverkan på bildningen av missuppfattningar hos eleverna.⁴⁸ Undervisningssättet av innehållet

baserar sig huvudsakligen på definitioner av nyckelbegrepp.⁴⁹ Lärarna definierar koncepten på ett visst sätt och använder regler och klassificeringar som inte alltid är på samma linje med vetenskapliga modeller. Läraren borde ha en uppfattning om elevernas uppfattningar för att förhindra bildningen av missuppfattningar.⁵⁰ Eleverna kan lära sig helt annat än vad läraren har lärt utan en effektiv kommunikation.

Forskning har bevisat att eleverna har mycket missuppfattningar om kemiska fenomen och att missuppfattningarna gäller varje nivå av kemisk kunskap. Det har föreslagits att läraren orsakar en del av missuppfattningarna genom att presentera samtidigt alla tre nivåer av kemisk kunskap.¹⁰ Också det hur eleven själv uppfattar och tolkar information är en orsak för bildningen av missuppfattningar. När eleven drar slutsatser utgående från sina observationer och bildar mentala modeller för att förklara fenomen kan det bildas missuppfattningar på makronivån av kemisk kunskap.

Omvandlingar i vattens aggregationstillstånd är ett fenomen där eleverna har mycket missuppfattningar. När vattnet kokas bildas det bubblor och eleverna antar ofta att bubblorna innehåller luft.⁵¹ Detta är ett bra exempel på en missuppfattning där eleven drar felaktiga slutsatser utgående från sina observationer. Eleven tänker att bubblorna innehåller luft därför att innehållet ser likadant ut som luft. Likadana missuppfattningar förekommer också hos högskolestuderanden, vilket berättar att elevernas egna uppfattningar håller fast oberoende av kemiundervisningen i grundskolan och gymnasiet.⁵² Nuic & Glazar utredde elevernas missuppfattningar som gäller vatten och omvandlingar i dess aggregationstillstånd.⁵³ Eleverna tänkte att

- det vätskeformiga vattnet inte kan samlas från vattenångan därför att det har försvunnit eller förändrat
- bubblorna som bildas när vatten kokas innehåller gasformigt syre och väte
- evaporation krymper vattenmolekyler
- vatten bildas av väte- och syremolekyler
- vatten bildas av väte- och syreatomer utan kemiska bindningar
- när vattnet splittrar delas det i väte och syre.

Det är vanligt att barnets observationer stöder missuppfattningar vilket får missuppfattningarna att verka logiska. Men observationerna kan vara även motsatta med barnets missuppfattningar. Enligt föregående forskning tänker en del av eleverna att frysningen krymper vattenmolekylerna.⁵³ När man sätter vattenflaskan i frysen och

låter vattnet frysa märker man att vattennivån ökar. Enligt denna observation skulle frysningsen "förstora" vattenmolekylerna. För att förstå fenomenen på makronivån behövs det kunskap på submikronivån.

Missuppfattningar på submikronivån gäller ämnets struktur och abstrakta fenomen som sker på atom-, jon- och molekylnivå, till exempel kemiska reaktioner och bindningar. Det finns flera abstrakta ämnen inom kemin. Det är svårt för eleven att tänka abstrakt varför det lätt bildas missuppfattningar.⁴¹ Eleverna förstår kemiska begrepp på olika sätt och elevernas egna uppfattningar kan skilja sig mycket från vetenskapliga modeller.⁵⁴ Eleverna brukar blanda kunskap på makro- och submikronivån med varandra. Svåra ämnen är till exempel gaser, kemiska reaktioner, kemisk bindning och partikelteori.^{54,55} Elevernas uppfattningar om den kemiska bindningen har studerats mycket vetenskapligt och det har bevisats att missuppfattningar som gäller kemisk bindning är väldigt vanliga.⁵⁵

Missuppfattningar gäller både bindningstyper och deras egenskaper. Eleverna brukar blanda jonbindning, kovalent bindning och vätebindning med varandra.⁵⁶ Också egenskaper blandas med varandra: eleverna tycker att kovalent bindning är en svag bindning, polära kovalenta bindningar är laddade på samma sätt som joner, och föreningar som innehåller väte är i jonform.⁵⁷ Även högskolestuderanden har problem med att definiera polära och icke-polära ämnen och förstå skillnaderna mellan en polär molekyl och en polär bindning.⁵⁸ Eleverna har en svag uppfattning om hur bindningstyperna påverkar ämnets struktur, till exempel hur olika föreningar beter sig vid upplösning.⁵⁹ När man löser upp en jonförening (till exempel salt) med vattnet brukar eleverna tänka att den löser sig som hela partiklar på samma sätt som molekyelföreningar (till exempel socker). Det anses också att upplösta partiklar ordnar sig till en systematisk struktur i vatten.

Att koppla kunskap på makro- och submikronivån med symbolisk kunskap är problematiskt för eleverna.^{60,61} Det krävs väldigt abstrakt tänkande för att förstå symbolnivån och när kemiska fenomen presenteras endast på symbolnivån bildas det lätt missuppfattningar.⁶⁰ Elevens kunskaper på symbolnivån har anknytningar till elevens behärskning av kunskap på submikronivån. Om eleven har missuppfattningar på submikronivån syns de på symbolnivån, till exempel hur eleven tolkar representationer. Eleven kan ha svårigheter i konvertering av kunskap på

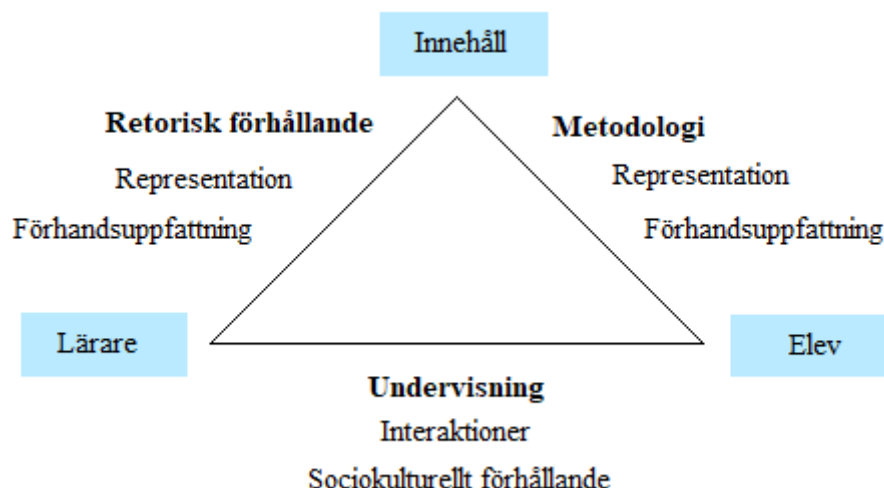
submikronivån till symbolnivån på grund av missuppfattningar på symbolnivån. I en undersökning av Slapnicar et al.⁶¹ misslyckades de flesta elever (91 %) i att utnyttja kunskap i representationen (en reaktion beskriven med bollmodell) och att konvertera den till en reaktionslikhet.

3 Kemiundervisningens karaktär

I detta kapitel beskrivs hur kemiundervisningen byggs upp och vilka är de typiska elementen i kemiundervisningen. Bra kemiundervisning har bildats och utvecklats genom ett naturvetenskapligt didaktiskt utvecklingsarbete. I texten presenteras pedagogiska modeller som baserar sig på den konstruktivistiska inlärningsuppfattningen och specifika undervisningsmetoder som anses som en central del av kemiundervisningen. Experimentellt arbete har varit en självklar del av kemin redan från början.

3.1 Didaktikens roll i undervisningen

Didaktiken studerar undervisning, dess innehåll och undervisningsmetoder som används för att undervisa innehållet.⁶² Didaktiken fungerar som grund för lärarens expertis. Läraren bildar sin kemiundervisning utgående från sina pedagogiska kunskaper och kunskap producerad av didaktisk forskning. Det är viktigt att kemiläraren är medveten om innehållet som ska undervisas i läroämnet samt känner till de typiska undervisningsmetoderna för läroämnet. Vissa undervisningsmetoder lämpar sig för undervisning av ett innehåll bättre än andra metoder. Inom kemi finns det flera saker som undervisas och modelleras på ett annat sätt än verbalt. Didaktiken hjälper kemiläraren att välja rätt innehåll och rätta undervisningsmetoder för eleverna. Lärarens förhållande med läroämnet och eleverna beskrivs med en didaktisk triangel (figur 5).⁶³ Triangeln presenterar tre faktorer som påverkar undervisningssituationen.



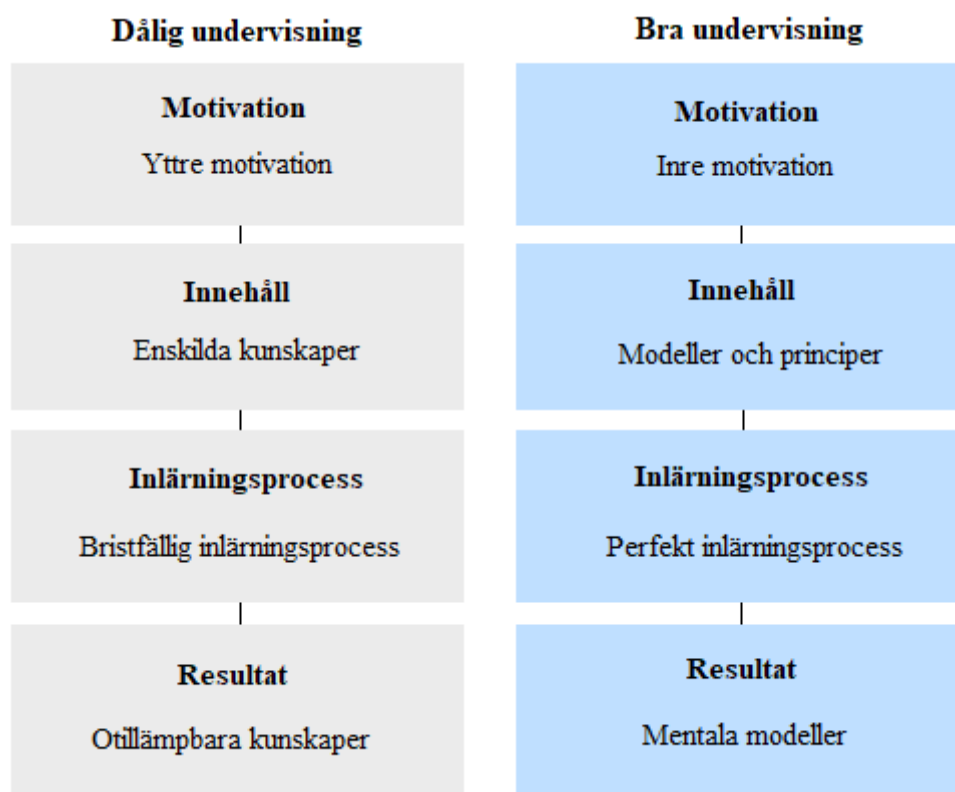
Figur 5. Den didaktiska triangeln utgående från Augustsson & Boströms modell.⁶³

Förhållandet mellan läraren och eleven baserar sig på undervisningen: lärarens uppgift är att lära eleven.⁶³ Förhållandet är kommunikativt och interaktivt, och det påverkas bland annat av lärarens undervisningsstil, kompetens och förmåga att kontrollera klassen. Förhållandet mellan eleven och innehållet baserar sig på det hur eleven assimilerar innehållet. Undervisningsmetoderna som kemiläraren väljer och elevens egna förhandsuppfattningar påverkar assimilationen. Undervisningsmetoderna ska stöda elevens inläring och tillämpa sig för undervisningssituationen. Det finns flera undersökningar om elevens förhands- och missuppfattningar i kemin (se kapitel 2.4) som kemiläraren kan utnyttja i planeringen av undervisning.

Det hur kemiläraren ser sitt läroämne påverkar hurdan kemiundervisning hen ger. Förhållandet mellan läraren och läroämnet påverkar lärarens sätt att presentera innehållet.⁶³ Förhållandet är retoriskt: det påverkas av lärarens förmåga att identifiera sin verksamhet för läroämnet och kommunikation med läroämnet. Förhållandet beskriver lärarens uppfattningar om och kunskaper i läroämnet samt förmåga att illustrera det. Lärarens röst, ögonkontakt och kroppsspråk och användning av undervisningshjälpmedel påverkar ämnets presentation. Lärarens uppgift är att skapa en inlärningsmiljö som stöder elevernas inläring.⁶⁴ Lärarens val angående inlärningsmiljö och undervisningsmetoder påverkar utvecklingen av kognitiva kunskaper och elevernas inställningar till kemi samt förmåga att förstå kemin.

Didaktiken syftar på att utveckla och förbättra undervisningen. För över tjugo år sedan föreslog Engeström fyra faktorer som beskriver bra undervisning och faktorerna kan

anses giltiga ännu idag.⁴⁰ Faktorerna är motivation, innehåll, inlärningsprocess och resultat (figur 6). Kännetecknen för bra undervisning är att eleven har inre motivation för inläringen. Inre motivation härstammar från elevens eget intresse, till exempel om eleven själv kan påverka undervisningen och göra beslut om sina aktioner.⁶⁵ Kortvarighet och situationsspecifik motivation är typiska för dålig undervisning.⁴⁰ Motivationen orsakas av yttre motiv såsom straff.



Figur 6. Egenskaper på dålig och bra undervisning utgående från Engeströms modell.⁴⁰

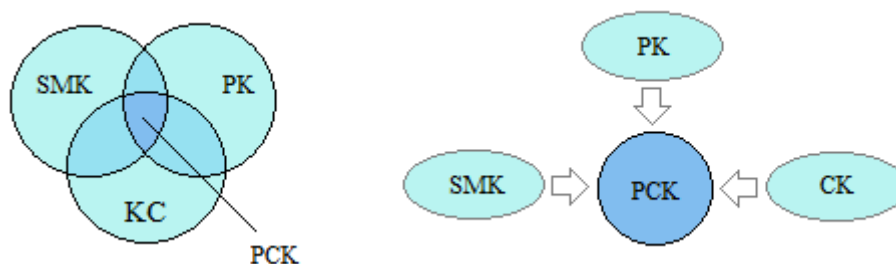
Under den dåliga undervisningen bildar eleven enskilda kunskaper som beskriver ett fenomen.⁴⁰ Elevens inlärningsprocess är bristfällig. Eleven fungerar som mottagare och läraren matar in kunskap utan att eleven bildar nya anknytningar och kunskapstrukturer. Eleven assimilerar eller bedömer inte kunskapen varför hen inte kan tillämpa kunskapen och glömmen den snabbt. Med hjälp av bra undervisning bildar eleven klassificerade och medvetna modeller och utvecklar förklarande principer. Eleven orienteras med vetenskapliga frågor och eleven bedömer och assimilerar kunskapen under en perfekt inlärningsprocess. Resultatet av processen är att eleven har kunskaper som kan tillämpas mångsidigt på olika situationer.

3.1.1 Lärarens pedagogiska innehållskunskap

Kunskap om inlärningsprocesser, missuppfattningar och allmänna undervisningsmetoder kallas för pedagogisk kunskap (eng. *pedagogical knowledge*, *PK*) och den bildar en del av lärarens expertis.⁶⁶ Två andra delar av lärarens expertis är kunskap om kontexten (eng. *knowledge of context*, *KC*) och läroämneskunskap (eng. *subject matter knowledge*, *SMK*). Tillsammans bildar de tre delområdena lärarens pedagogiska innehållskunskap (eng. *pedagogical content knowledge*, *PCK*). Lärarkunskapen påverkar kemilärarens kompetens att lära sitt eget ämne.

Med hjälp av pedagogisk innehållskunskap konverterar kemiläraren vetenskaplig kunskap till en effektiv undervisning och inläring.⁶⁷ Innehållskunskap är kemilärarens uppfattning om innehållets undervisningsmetoder och det hur vetenskaplig kunskap modifieras så att eleverna förstår den. Innehållskunskap omfattar kemilärarens kunskap om läroämnets undervisningsmål, läroplan, bedömning, undervisningsmetoder och elevernas uppfattningar om kemin.⁶⁸ Lärarens pedagogisk innehållskunskap är en viktig faktor som påverkar elevens inläring enligt flera undersökningar, bland annat Gess-Newsome och Keller et al.^{69,70}

Pedagogisk innehållskunskap och dess tre delområden beskrivs med en integrativ och transformativ modell (figur 7).⁷¹ Skillnaden mellan dessa två modeller är sammansättningen av PCK. Den integrativa modellen beskriver delområdena som självständiga kunskapsområden där PCK är en integrerad kombination av varje delområde. Modellen visar hur läraren använder varje kunskapsområde samtidigt när hen utnyttjar pedagogisk innehållskunskap. I den transformativa modellen blandas de självständiga delområdena och de formar ett nytt kunskapsområde, PCK. Modellen visar hur alla tre områden krävs för effektiv undervisning.



Figur 7. Den integrativa (vänster) och transformativa (höger) modellen av lärarens pedagogiska innehållskunskap (PCK) utgående från Gess-Newsomes modell.⁷¹

3.2 Pedagogiska modeller

En pedagogisk modell är en modell om lärandet. Modellen berättar om undervisningens karaktär: på vilket sätt undervisas kemin och vad baserar sig kemiundervisningen på? Det tillämpas olika pedagogiska modeller i kemiundervisningen beroende av skolans läroplan och kemilärarens pedagogiska åsikter och undervisningsstil. Kemiundervisningen i det finländska utbildningssystemet baserar sig huvudsakligen på en konstruktivistisk uppfattning om elevens aktiva roll i sin egen inläring.^{9,72} Undervisningen både i grundskolan och i gymnasiet bygger på denna uppfattning.

3.2.1 Aktiverande undervisning

Syftet med aktiverande undervisning är inläringen och inlärningsprocessen i stället för resultatet.⁷³ Enligt den konstruktivistiska uppfattningen ska eleven själv vara aktiv för att lära sig. I grunderna för läroplanen beskrivs elevens aktiva verksamhet med att eleven tolkar, analyserar och bedömer information i olika form och fördjupar sina kunskaper med hjälp av sina tidigare erfarenheter och kunskaper.⁹ Inläringen anses vara en kumulativ process där ny kunskap bildas med hjälp av elevens tidigare kunskaper.^{9,72} Varje elev och studerande kommer till undervisningssituationen med olika uppfattningar om innehållet.

Den konstruktivistiska och traditionella undervisningen baserar sig på olika synsätt om lärarens och elevens roller, undervisningsmetoder och inläring.⁷⁴ I den traditionella undervisningen fungerar eleven som mottagare för information när läraren föreläser. Läroplan baserar sig på inläringen av grundkunskaper och undervisningen består av helhetsdelar. I den konstruktivistiska undervisningen börjas inläringen med stora helheter och fördjupas till delar. Läraren handleder och stöder elevens inlärningsprocess och eleven tar ansvar för egen inläring. Undervisningen baserar sig på kommunikation mellan läraren och eleverna, och läraren beaktar elevernas frågor och intressen. Bedömningen i den traditionella undervisningen baserar sig på tentamen men i den konstruktivistiska undervisningen bedöms också elevernas synsätt, observationer och uppgifter.

Aktiverande undervisning erbjuder en aktiv undervisningsmiljö där eleven har möjlighet att utveckla sina kognitiva kunskaper.⁷⁵ Undervisningen förbättrar också

elevernas presentation i läroämnena och förhindrar missuppfattningar hos eleverna. I forskningen av Sesena et al.⁷⁶ studerades inverkan av aktiverande undervisningsmetoder. En av de två grupperna deltog i aktiverande undervisning. Det fanns mindre missuppfattningar och en positivare inställning till läroämnet hos eleverna i den gruppen jämfört med gruppen som deltog i traditionell undervisning.

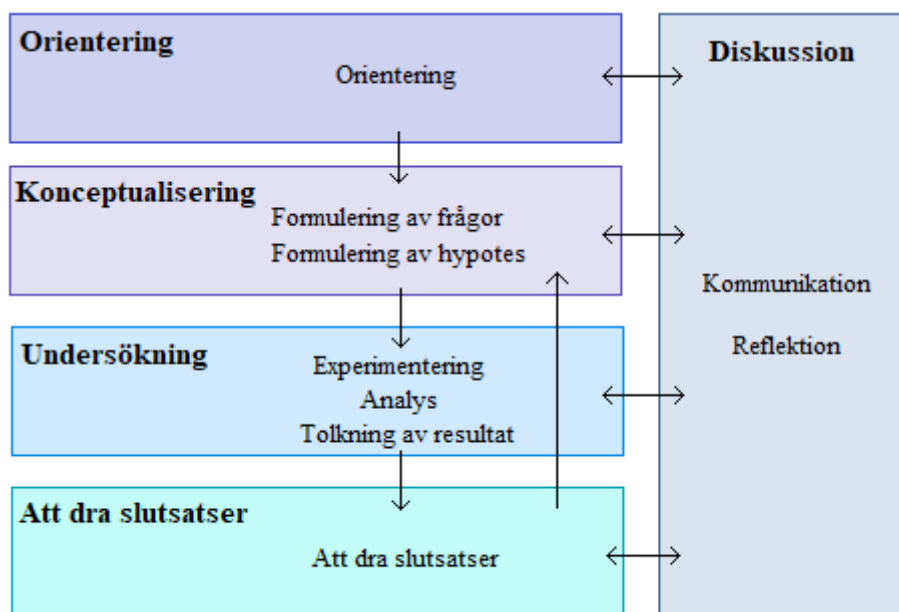
3.2.2 Undersökande undervisning

På grund av kemins karaktär tillämpas det ofta undersökande undervisning i kemiundervisningen. Undersökande undervisning baserar sig delvis på aktiverande undervisning.⁷⁷ I den undersökande undervisningen anses inläringen som en aktiv process men syftet med inlärningsprocessen är att undersöka och lösa ett forskningsproblem. Inläringen är inte en personlig process utan inläringen sker genom samarbete med andra elever. I undersökande undervisning används delad expertis. Eleverna har olika kunskaper som delas med gruppen och utnyttjas i undersökningen. Undersökande ansats påverkar positivt elevernas förmåga att förstå koncept och procedurer samt skapar en motiverande inlärmingsmiljö.²

Eleverna kan undersöka världen och testa idéer genom undersökningar.⁷⁸ Undersökande undervisning utvecklar elevernas problemlösningsförmåga, sociala kunskaper och aktivt deltagande.^{77,79} Människan har en naturlig vilja att undersöka saker och denna undersökningsförmåga kan utvecklas med hjälp av naturvetenskapliga forskningsmetoder. En lyckad forskning ger ny information, erbjuder upplevelser och hjälper att förstå olika fenomenen och förhållanden. I undersökande undervisning vägleds eleverna att utnyttja forskarnas sätt att behandla och producera ny kunskap. Till den undersökande undervisningen räknas med både experimentellt arbete och undersökande materialuppgifter.⁸⁰

Det krävs olika forskningsfärdigheter när man gör undersökningar. Färdigheterna kan delas i grundkunskaper och integrerade färdigheter.⁸¹ Till exempel mätning, klassificering och observation hör till grundkunskaper. Integrerade färdigheter är till exempel identifiering av olika variabler, informationssökning och processering, och beskrivning av förhållanden. Undersökningsprocessen har flera centrala faser.⁸² Eleverna arbetar med vetenskapligt orienterade frågor, uppskattar bevis för att utveckla och forma förklaringar, utvärderar sina egna förklaringar och beaktar alternativa förklaringar, samt motiverar sina förklaringar. Den undersökande

inlärningsprocessen kan beskrivas som en cykel med fem huvudfaser (figur 8).⁸³ Inlärningsprocessen är flexibel och dess riktning kan variera men ofta börjar cykeln med orientering.



Figur 8. Förenklat illustration om huvud- och subfaser i den undersökande inlärningsprocessen utgående från Pedaste et al. modellen.⁸³

Det finns fyra olika undersökningsnivåer.⁸⁰ Frihetsgraden i undersökningen blir högre med ökande nivå. Nivåerna 1–3 är styrda. Syftet med den första undersökningsnivån är att eleverna genomför ett experiment och får ett forskningsresultat som stöder teorin. Forskningsfrågan och forskningsmetoderna bestäms av kemiläraren.⁸⁴ Undersökningen genomförs med hjälp av instruktionerna som läraren har formulerat.⁸⁰ Instruktionerna innehåller alla steg av experimentet och eleverna följer dem steg för steg. Eleverna har redan lärt sig teorin som experimentet ska bekräfta och vet forskningsresultatet. Den andra undersökningsnivån skiljer sig av den första nivån så att eleverna inte förut vet forskningsresultatet. Syftet är att svara på forskningsfrågan genom att genomföra ett experiment som avslöjar resultatet.

Eleverna följer inte färdiga instruktioner på den tredje undersökningsnivån.⁸⁰ Läraren bestämmer forskningsfrågan men eleverna får själva välja eller utveckla forskningsmetoderna.⁸⁴ Denna nivå utvecklar speciellt elevernas forskningsfärdigheter och höga nivåers kognitiva kunskaper.⁸⁰ Den tredje nivån styrda undersökningar kan formas från färdiga ”kokboksrecepter”, det vill säga från den första och andra undersökningsnivåns instruktioner. Uppgiften 1 är ett exempel

om den tredje nivåns styrda undersökning där eleverna själva får välja forskningsmetoder och planera sitt arbete. Kemiläraren handleder eleverna genom hela arbetet och kan ge mer hjälp för dem som behöver det. Forskningsresultatet är rätt identifierade ämnen men eleverna ska också bedöma sitt eget arbete och sin arbetsplan: hur metoderna lämpar sig till undersökningen och vad kan förbättras? Instruktionerna kan även modifieras så att uppgiften lämpar sig till den andra nivåns undersökningar genom att skriva metoderna med i instruktionerna.

Uppgift 1. Identifiering av ämnen

Det finns tre burkar utan etiketter på bordet. Burkarna innehåller socker, salt och natriumbikarbonat. Din uppgift är att identifiera vilket ämne finns i vilken burk.

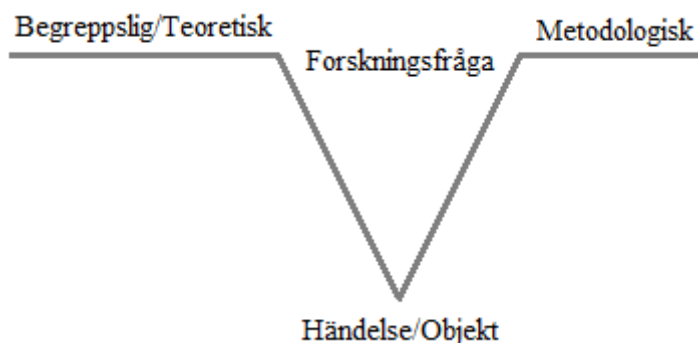
Den fjärde nivåns undersökningar är helt öppna och eleverna bestämmer själva forskningsfrågan, -metoderna och -resultaten.^{80,84} Undersökningsnivåerna klassificeras enligt vem som har ansvar för verksamheten och bestämningen (tabell 3).⁸⁴ Elevernas frihetsgrad ökar alltid med ett steg neråt i tabellen.

Tabell 3. Forskningsnivåerna utgående från forskningen av Abrams et al.⁸⁴

Självständighetsgrad	Forskningsfråga	Forskningsmetod	Forskningsresultat
1	Lärare	Lärare	Lärare
2	Lärare	Lärare	Elev
3	Lärare	Elev	Elev
4	Elev	Elev	Elev

Det är viktigt att läraren erbjuder eleverna tillräckligt med handledning samt hjälpmedel när undersökningarnas frihetsgrad ökar. Ett bra hjälpmedel för problemlösningen och undersökningen är ett V-diagram (figur 9).⁸⁵ Diagrammet presenterar undersökningens faser enkelt och är nyttigt för experimentellt arbete.⁸⁶ V-diagrammet har fyra centrala delar. I mitten av diagrammet finns forskningsfrågan som styr hela undersökningen. Spetsen pekar på fenomenen (en händelse eller ett objekt) som studeras. V-diagrammet har två sidor. Den teoretiska sidan innebär teorier, begrepp och principer. Den metodologiska sidan innebär resultat och slutsatser.

Eleverna kan använda V-diagrammet till exempel som stöd för planering och skrivande av laborationsrapporter.



Figur 9. V-diagrammets grafiska uppbyggnad enligt Kurtén-Finnäs.⁸⁶

3.3 Experimentella undervisningsmetoder

Experimentellt arbete är en central del av kemin. Vetenskaplig kunskap produceras från omgivningen genom experimentellt arbete. Experimentellt arbete spelar därför en stor roll också i kemiundervisningen. Experimentellt arbete hjälper eleverna att uppfatta kemins karaktär men skapar också diskussion om fenomen, utvecklar forskningsfärdigheter samt stöder inläringen av kemiska begrepp, principer och modeller.⁸⁷ Genom experimentellt arbete kan eleverna identifiera fenomen i omgivningen, uppfatta förhållanden mellan begrepp och lära sig kemiska teorier och enskilda fakta.⁸⁸ Experimentellt arbete kan anses som en del av den aktiverande undervisningen därför att det utnyttjar både motoriskt verksamhet och aktiv behandling av kunskap.⁸⁹

Experimentellt arbete har positiv inverkan till elevens mentala utveckling. Experiment erbjuder eleven möjligheter att utveckla sin ansvarskänsla, tolerans för misslyckande och förmåga att göra kompromisser.⁸⁹ Experimentellt arbete ökar elevens ansvar om inläringen och utvecklar elevens kunskaper i planeringen, styrningen och bedömningen av sin inläring.³⁵ Kunskap om eget sätt att tänka och lära sig, till exempel kunskap om egna strategier och arbetssätt under inläringssituationen, kallas för metakognition. Metakognitiv verksamhet, det vill säga medveten styrning av eget tänkande, är en förutsättning för inläringen.⁹⁰ Utvecklingen av metakognitiva kunskaper stöder självstyrandet i inläringen hos eleverna och gör eleverna mindre beroende av läraren.

Metoder och form av experimentellt arbete kan variera mycket. Experiment är en helhet av många olika metoder. Typiska metoder för vetenskaplig undersökning är observering, mätning, jämförelse, presentering, behandling och tolkning av resultat, uppskattning av tillförlitlighet samt planering av arbete.³⁵ Alla metoder används inte varje gång och kemiläraren kan betona olika metoder under olika undersökningar. Metoderna är beroende av formen av det experimentella arbetet. Elevernas egen verksamhet, laborationer, demonstrationer, exkursioner, eller verksamhet som sker genom audio-visuella hjälpmedel anses som experimentellt arbete.⁸⁹

Kemiläraren kan uppställa olika mål för experimentellt arbete. Enligt forskningen av Bennett & Kennedy⁹¹ kan målen kategoriseras i följande åtta klasser

- 1) Utveckling av manipulativa kunskaper och tekniker
- 2) Att uppmuntra elever till noggrann observering och beskrivning
- 3) Undersökning och beskrivning av koncept, principer eller lagar
- 4) Att uppleva ett vetenskapligt fenomen
- 5) Motivering genom att väcka intresse och framkalla glädje
- 6) Utveckling av vetenskapliga inställningar
- 7) Utveckling av förståelse om experimentella processer och bevis
- 8) Att få en känsla att vara som en problemlösande vetenskapsman.

Det finns en enhällig åsikt om viktigheten av experimentellt arbete i läroämnet bland kemilärarna. Enligt forskningen av Akseli & Juvonen⁹² tänkte nästan alla lärarna att eleverna lär sig kemi bäst genom att göra själva. Enligt forskningen använder den största delen av lärarna experimentella undervisningsmetoder därför att de motiverar eleverna och lär kemi. Andelen av experimentellt arbete i kemiundervisningen varierar ändå.

3.3.1 Laborationer

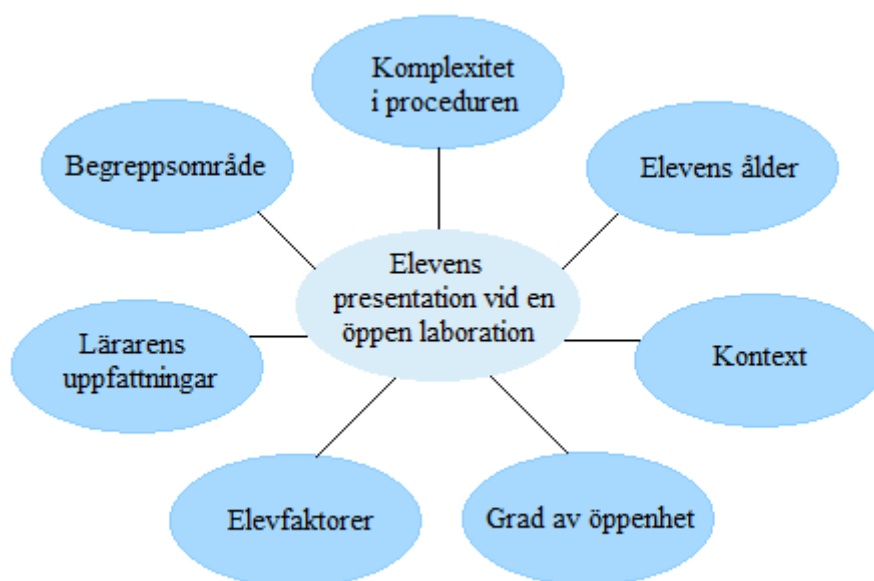
Laborationerna är antagligen den mest populära och allmänna experimentella undervisningsmetoden i kemiundervisningen. Eleverna gör observationer om fenomen samt planerar och genomför olika experiment med hjälp av laboratorieutrustning i skollaboratoriet under elevlaborationerna.⁸⁹ Huvudmålen för laborationerna är utveckling av vetenskaplig allmänutbildning och färdigheter som krävs för vidare studier. Laborationerna hjälper eleverna att konkretisera abstrakta begrepp och

erbjuder konkreta upplevelser, vilket stöder eleverna att ersätta missuppfattningar med vetenskapliga uppfattningar.

Laborationsarbete har många positiva påverkningar men elevlaborationerna har också fått kritik.^{78,93} Laborationerna orsakar bara kortvarig motivation hos eleverna fast kemilärarens syfte är ofta att motivera eleverna genom experimentellt arbete.^{92,93} I forskningen av Abrahams⁹³ avslöjades att eleverna ansåg laborationerna som den mest bekväma undervisningsmetoden men inte egentligen tyckte om att laborera. Därför är laborationerna inte ett effektivt sätt att motivera eleverna och de orsakar inte långvarigt personligt intresse för kemin.

Under elevlaborationen följer eleverna ofta färdiga instruktioner. Denna laboration kallas för styrd laboration och dess princip motsvarar principer på undersökningsnivån 1–2: eleverna bestämmer inte forskningsfrågor eller -metoder.⁸⁴ Styrda laborationer utvecklar mer elevernas motoriska kunskaper, till exempel användning av redskap, än elevernas kognitiva kunskaper och naturvetenskapligt tänkande.⁹⁴ Problem med styrda laborationer är att eleverna strävar efter fel mål och det sker bara litet eget tänkande. Eleverna koncentrerar sig ofta på att genomföra experimentet i stället för inläringen av det.⁹⁵ Det rätta svaret anses som experimentets mål och svaret kan efterhöras av läraren och klasskompisarna. Eleverna struntar ofta i problemen som kommer upp under experimentet för att få arbetet klart. Styrda laborationer är ändå nyttiga i kemiundervisningen för att bekanta eleverna med laboratorieutrustningen.

Öppna laborationer kan placeras på den tredje och den fjärde undersökningsnivån.⁸⁴ Laborationerna innehåller problemlösning och planering när eleverna utvecklar och väljer forskningsmetoder och beslutar om arbetets innehåll. Elevernas aktiva deltagande i arbetets planering ökar motivationen för genomföringen av experimentet och väcker intresse för arbetet.⁹⁵ Öppna laborationer ökar tänkandets aktivitet hos eleverna under planeringen men under genomföringen av experimentet minskar aktiviteten till samma nivå som på styrda laborationer. Elevens presentation vid öppna laborationer påverkas av många faktorer (figur 10).⁹⁶ Till exempel lärarens uppfattningar om kemiundervisningen påverkar hur hen använder öppna laborationer som en undervisningsmetod, elevens bakgrund (bland annat kultur, kön, motivation) påverkar hur hen tar mot uppgiften, och elevens ålder och kunskaper påverkar hur hen löser problemet.



Figur 10. Faktorer som påverkar elevens presentation vid en öppen laboration enligt Gott & Duggan genom artikeln av Kurtén-Finnäs.^{86,96}

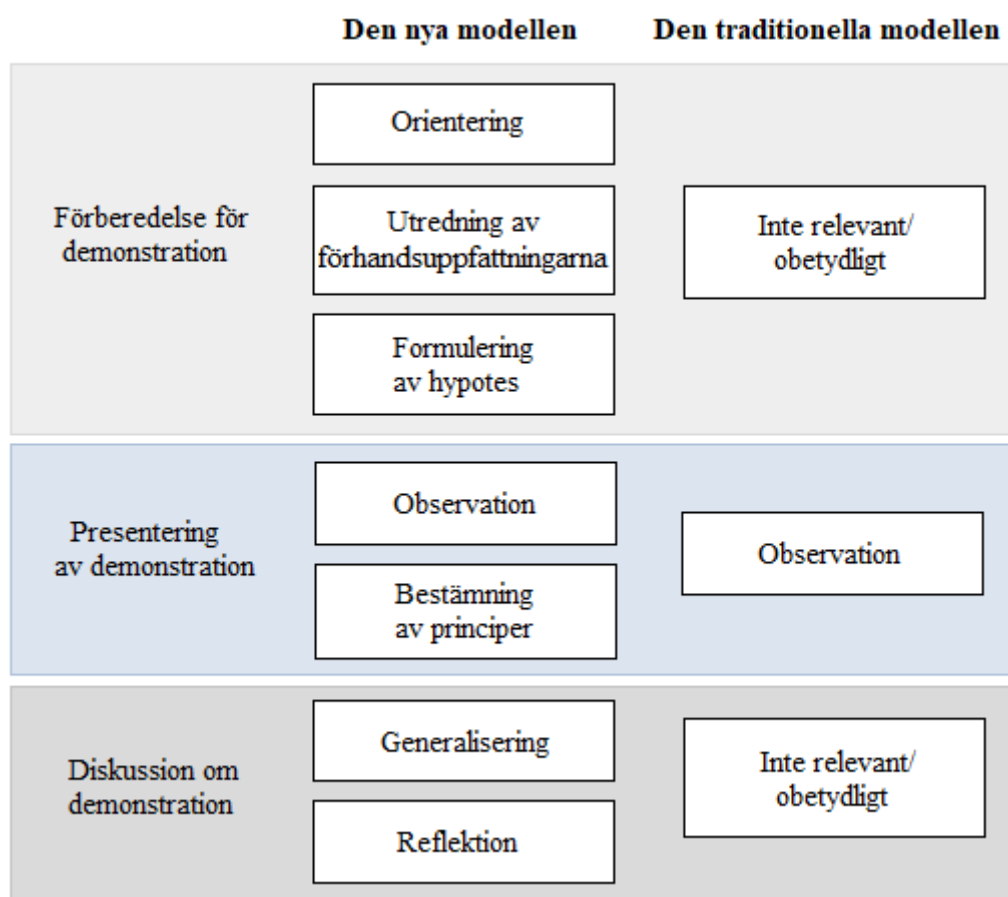
3.3.2 Demonstrationer

Under en typisk demonstration observerar eleverna ett experiment eller en mätning som görs av en elev, en elevgrupp eller kemiläraren.⁸⁹ Fenomen presenteras som förenklade och under kontrollerade förhållanden.⁹⁷ Eleverna producerar kunskap via sinnesintrycket, konkret verksamhet och upplevelsen. Eleverna gör observationer om fenomen och bildar mentala modeller om händelsen. Demonstrationerna stöder inläringen och väcker intresse för kemin.⁸⁹ De aktiverar eleverna på flera sätt. En intressant demonstration får eleverna att ställa upp frågor, delta aktivt i undervisningen och koncentrera sig på fenomenet som de ska lära sig.

Målen för demonstrationer är samma som de allmänna målen för experimentellt arbete, till exempel elevernas tänkande aktiveras genom olika uppgifter. Demonstrationerna har bevisats att förhindra missuppfattningar som orsakas av lärarens tal och att stöda inläringen av innehållet.⁹⁷ I forskningen av McKee et al.⁹⁸ konstaterades att demonstrationerna är en lika effektiv undervisningsmetod som elevlaborationerna. Laborationer och demonstrationer där eleverna kan observera samma fenomen utvecklar betydligt begreppslig förståelse hos eleverna.

Den traditionella modellen om demonstrationer består av en central fas: läraren genomför ett experiment. Via den konstruktivistiska uppfattningen har utvecklats en

ny modell som består av tre centrala faser, en fas före och efter genomföringen av experimentet (figur 11).⁹⁷ Den nya modellen koncentrerar sig på utvecklingen av naturvetenskapligt tänkande hos eleverna och presentation av kemins karaktär. Den första fasan innehåller förberedningen för demonstrationen. Under fasan utreder läraren elevernas uppfattningar och presenterar fenomenets kontext genom att ställa upp vetenskapliga frågor. Under genomföringen av experimentet diskuterar läraren med eleverna och eleverna kan bestämma karakteristiska begrepp, lagar och principer för fenomen utgående från observationerna. Det sista steget av demonstrationen är diskussion. Läraren går genom experimentet steg för steg och repeterar vilka hypoteser eleverna hade och vilka observationer eleverna gjorde. Slutligen gör man ett sammandrag om vad eleverna lärde sig, vilket fenomen presenterades med experimentet och hur fenomenet anknyter sig till innehållet.



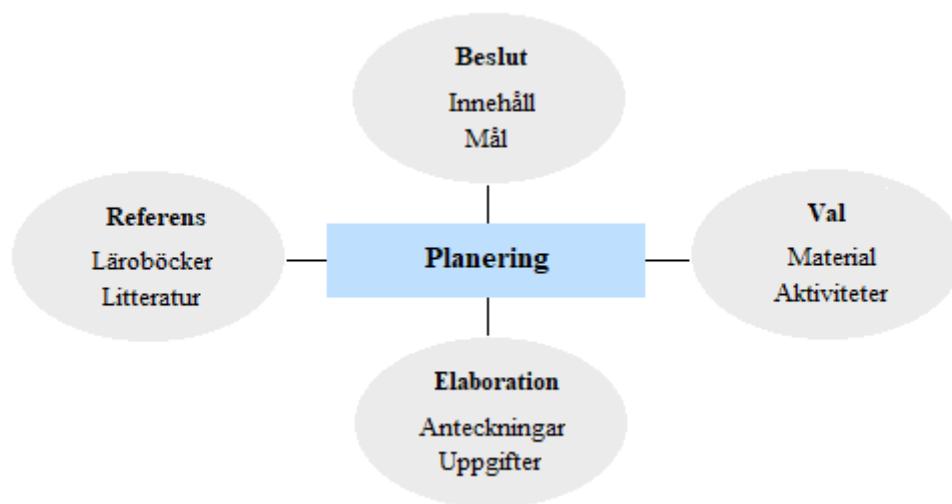
Figur 11. Arbetsfaser i den nya och traditionella modellen om demonstrationer utgående från Lampiselkäs tabell.⁹⁷

4 Planering av experimentellt arbete

I detta kapitel behandlas lärarens planeringsarbete och koncentreras på kemilärarnas speciella arbetsområde: planering av experimentellt arbete. I texten går man genom vanliga planeringsprocesser samt karakteristiska planeringsprocesser för planering av experimentellt arbete. Det beskrivs också hur planeringen styrs och kan stödas.

4.1 Lärarens planeringsprocedur

Planering av undervisning är en viktig del av lärarens arbete utöver det aktiva undervisningsarbetet. Syftet med planeringen är att erbjuda alla elever en god möjlighet att lära sig.⁹⁹ Med hjälp av planering kan läraren kontrollera sin tidsanvändning: innehållet ska undervisas inom en viss tid. Med hjälp av planering kan läraren beakta elevernas olika behov och modifiera undervisningen enligt dem. Planeringen är en kontinuerlig och interaktiv process. Planeringsproceduren består av fyra centrala processer enligt forskningen av Sanchez (figur 12).¹⁰⁰ Proceduren är varken lineär eller framskrider i en specifik ordning utan planeringsproceduren innebär beaktning av alla processer.

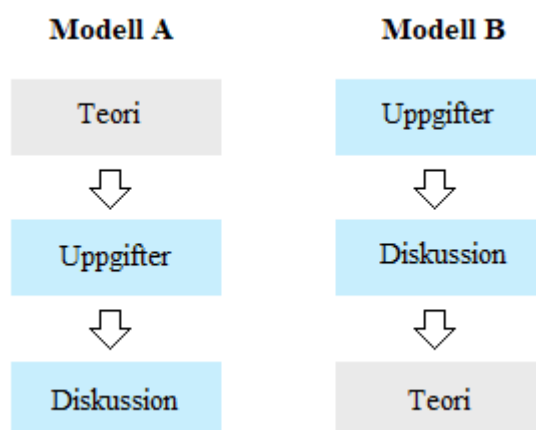


Figur 12. Lärarens planeringsprocesser utgående från forskningen av Sanchez.¹⁰⁰

Enligt forskningen av Sanchez¹⁰⁰ kan planeringsproceduren framskrida på följande sätt. Läraren utnyttjar olika referenser i planeringen, den mest populära referensen är läroboken. Läraren gör ett beslut om mål och innehåll för undervisningen som kan basera sig på elevernas nivå och läroplanen. Läraren väljer undervisningsmetoder som

passar för undervisningssituationen. Läraren dokumenterar planet på något sätt, ofta med ett skriftligt dokument som innehåller anvisningar om undervisningens innehåll och ordningen av aktiviteterna. En del av lärare gör också egna uppgifter och anteckningar för eleverna. Ett allmänt dokumenteringsformat bland lärarna är en lektionsplan. Lektionsplanen används mycket i lärarutbildningen men enligt forskningen av Zazkis et al.¹⁰¹ är det inte sannolikt att utexaminerade lärare fortsätter att använda samma modell i sitt arbete som de har använt under studierna.

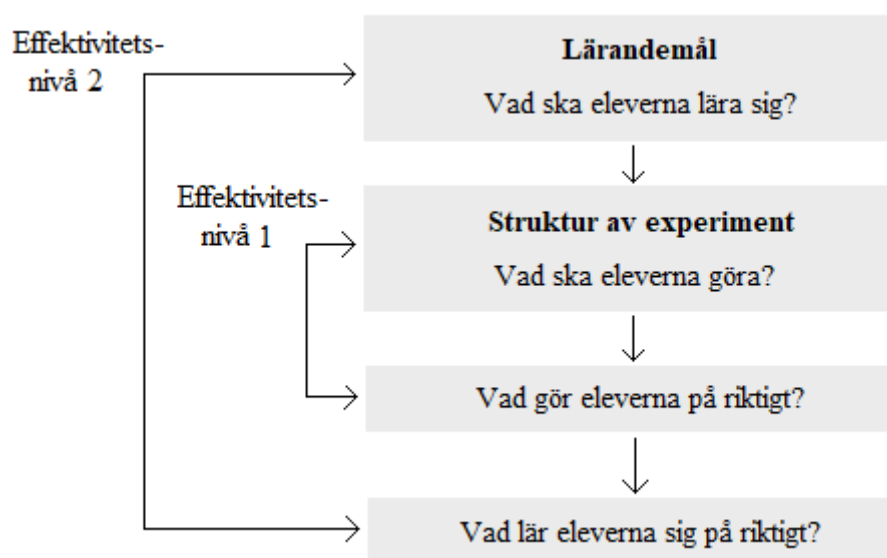
Det finns också annorlunda modeller för en lektionsplan men modellerna ofta innehåller likadana komponenter: mål och innehåll, aktiviteter för eleverna och läraren, material som används under lektionen, anvisningar och respons för eleverna samt bedömningskriterier.¹⁰² Ordningen av lektionens aktiviteter varierar (figur 13) och speciellt i kemiundervisningen har kemilärarens egna åsikter en stor inverkan.¹⁰³ Lektionen kan börjas med teori och exempel, varefter eleverna genomför ett experimentellt arbete. Till slut analyserar och reflekterar eleverna lektionens innehåll. Enligt den andra modellen kan lektionen börja med den experimentella delen. Efter det kan eleverna diskutera om resultatet och forma en teori under lärarens handledning. I forskningen av John¹⁰⁴ rekommenderas att lärarna skapar egna modeller som stöder planeringen. Modellerna för lektionsplaneringen har kritiserats på grund av några orsaker. De kan minska lärarens kreativitet under planeringen och de uppmuntrar inte lärarna använda sina pedagogiska kunskaper.



Figur 13. Aktiviteternas ordning på lektionen utgående från Bolstads modell.¹⁰³

Effektiviteten i undervisningen är beroende av elevernas inläring varför läraren ska bedöma hur planen förverkligas. I forskningen av Abrahams & Millar¹⁰⁵ presenteras ett hjälpmedel för bedömning av effektivitet i planeringen (figur 14) och det lämpar

sig speciellt till bedömning av planer för experimentellt arbete. Bedömningen består av fyra steg. Under planeringen bestämmer läraren lärandemål för experimentet (steg 1) och aktiviteterna som hjälper eleverna nå målen (steg 2). Under undervisningssituationen jobbar eleverna med uppgiften (steg 3). Elevernas konkreta verksamhet kan skilja sig mycket av lärarens plan på grund av flera orsaker. Eleverna förstår inte instruktionerna, får inte ett önskat resultat trots av noggrant arbete eller gör inte observationer eller slutsatser som läraren hade förutsett. Eleverna lär sig från experimentellt arbete utgående från vad de har gjort (steg 4).



Figur 14. Effektivitetsnivåerna utgående från Abrahams & Millars modell.¹⁰⁵

Det finns två effektivitetsnivåer.¹⁰⁵ Den första nivån beskriver förhållanden mellan kemilärarens plan och elevernas verksamhet. Den andra nivån beskriver förhållanden mellan lärandemålen och elevernas inläring, och den svarar på frågan: hur bra uppnås lärandemålen? Med hjälp av hjälpmedlet kan läraren jämföra sina planer med inlärningsresultatet och bedöma planens användbarhet.

4.1.1 Lärandemålen och innehållet i ett experiment

Ett experimentellt arbete har ett lärandemål som betyder kunskap som eleverna ska lära sig. Lärandemål i experimentellt arbete kan vara till exempel inläring av ett specifikt begrepp eller en forskningsfärdighet.¹⁰⁵ Ett experimentellt arbete kan ha många lärandemål.³ Ur kemilärarens synvinkel har ett experimentellt arbete också andra mål. Arbetet kan väcka intresse för kemin, utveckla elevernas kognitiva

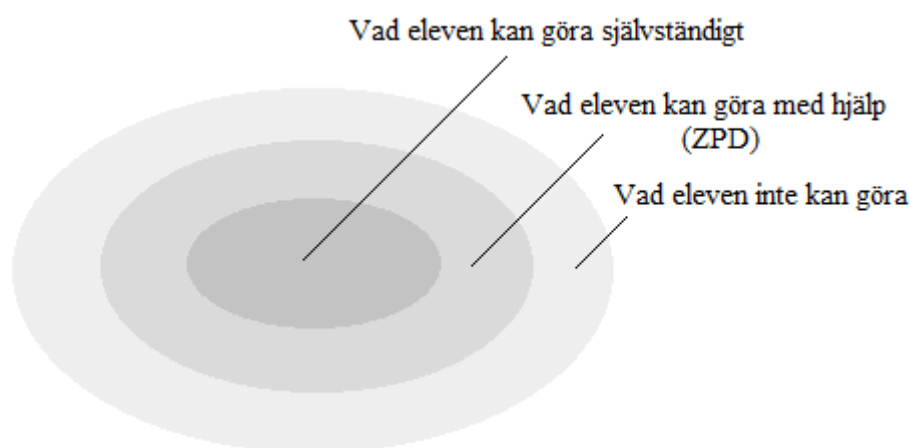
kunskaper eller stöda förståelse om kemins karaktär. Målet för experimentellt arbete kan bedömas och kategoriseras med hjälp av en MCPA-analysmodell (eng. *Multidimensional Classification of Pedagogical Approaches*) utvecklats av Erätuuili & Meisalo.¹⁰⁶ Målen har klassificerats till följande fem grupper

- 1) Allmänna mål för laborationsarbetet
t.ex. utveckling av problemlösningsförmåga
- 2) Mål för planering av experimentellt arbete
t.ex. identifiering och klassificering av egenskaper hos fenomen
- 3) Mål för genomföring av mätningar
t.ex. val av lämplig utrustning och bildning av apparatur
- 4) Mål för behandling och tolkning av resultat
t.ex. jämförelse av resultat med tidigare forskningsresultat
- 5) Mål för arbetssäkerhet
t.ex. uppföljning av regler.

I planeringen av experimentellt arbete ska resurser som kan användas, lärarens kunskaper, elevernas forskningsfärdigheter och innehållet som ska läras beaktas.⁸⁴ Läraren kan välja innehållet för det experimentella arbetet med hjälp av Ledermans¹⁰⁷ tre frågor:

1. Kan eleverna förstå och lära sig innehållet?
2. Finns det konsensus om innehållet bland experterna?
3. Är inläringen av innehållet nyttig för alla?

Den första frågan vägleder läraren att tänka på innehållets svårighetsgrad och jämföra den med elevernas utgångsnivå. När eleven kommer till en undervisningssituation har hen vissa kunskaper. Med hjälp av de kunskaperna och lärarens handledning kan eleven lära sig nytt och utveckla sig. Vad eleven kan lära sig ligger på hans proximala utvecklingszon (eng. *Zone for Proximal Development, ZPD*) enligt Vygotskijs proximalzonteori (figur 15).¹⁰⁸ Kemiläraren får inte välja för svårt innehåll men innehållet får inte heller vara för lätt och repetera sig självt. Eleverna bör ha grundkunskaper som behövs för att förstå innehållet. Med andra ord ska kemiundervisningen vara utmanande för eleverna men på sådant sätt att eleverna har realistiska möjligheter att utveckla sig och lära sig nytt.



Figur 15. Grafisk illustration om elevens proximala utvecklingszon utgående från Vygotskijs proximalzonsteori.¹⁰⁸

Den andra frågan vägleder läraren studera experternas nuvarande kännedom om innehållet.¹⁰⁷ Det är ofta nyttigt att jämföra olika uppfattningar och modeller om innehållet men man ska ställa sig kritiskt mot innehållet som känns otillräckligt. I den sista frågan lyfts fram innehållets användbarhet. Grundläggande utbildning och gymnasieutbildning syftar sig till allmän utbildning. Därför kan läraren tänka på innehållets användbarhet i elevernas vardagliga liv.

Elevernas synvinklar är en viktig faktor för innehållets lämplighet. Elevens eget intresse spelar en signifikant roll i inläringen av kemi och i förhindrandet av missuppfattningar.⁶¹ Kemiläraren kan använda olika strategier för att få eleverna att bli medvetna om kemins stora roll i deras liv, vilket ökar elevernas intresse för att studera kemi. Läroämnets innehåll har många anknytningar till det vardagliga livet, till exempel elektrokemi-elektronik, och organisk kemi-matlagning. När innehållet kommer från det vardagliga livet och eleverna kan påverka verksamheten på lektionen upplever eleverna inläringen som meningsfull.¹⁰⁹

Eleverna upplever olika innehåll som intressanta. Enligt forskningen av Lavonen et al.¹¹⁰ hade eleverna olika intresse beroende av elevens kön. Pojkar var mest intresserade av kemikalier som kan explodera medan matlagning och konservering och förvaring av mat intresserade mera flickor. Det lönar sig för kemiläraren att beakta elevernas intressen i bestämning av innehållet: elever som är intresserade av innehållet koncentrerar sig bättre och har en positiv attityd, en stark vilja att lära sig samt en ökad uppmärksamhet.¹¹¹ Vad gäller experimentets konkreta innehåll, vad som händer under experimentet, har också inverkan på elevens intresse. Spännande och överraskande

händelser som händer under genomföringen av experiment såsom färgomvandling, explosion, doft eller bubblor intresserar elever. Enligt forskningen av Harrison & Treagust¹¹² upplever eleverna kemin som kul när det händer något spännande under arbetet. Kemiläraren kan utnyttja denna information genom att använda och utveckla experiment som intresserar elever för att väcka elevernas intresse för kemin.

4.1.2 Undervisningsarrangemang i ett experiment

Det krävs alltid vissa undervisningsarrangemang för genomföring av experimentellt arbete. Experimenten genomförs i kontrollerade förhållanden vad gäller laboratoriesäkerheten. Kemilärarens verksamhet i skolan styrs bland annat av kemikalielagen (599/2013) och arbetarskyddslagen (738/2002).¹¹³ Därtill ska läraren använda sunt förnuft i bestämning av experiment för unga. Experimenten som kräver speciell noggrannhet och innebär risker hör inte till skolan. Kemiläraren bör också säkra en trygg undervisningsmiljö för genomförandet av experimentet. Det har rapporterats brister på säkerheten i några skollaboratorier i Finland.¹¹⁴

Undervisningsarrangemanget gäller inte bara den konkreta förberedningen av experimentet utan också verksamheten under det experimentella arbetet. Experimentellt arbete ska vara mångsidigt varför dess typ, arbetssätt och metoder bör variera.^{89,96} Experimentets typ beror på experimentets mål. Demonstrationer passar bra när målet är att konkretisera ett kemiskt fenomen. Om målet är att utveckla elevernas forskningsfärdigheter passar en undersökande elevlaboration bättre än lärarens demonstration. Arbetssättet kan vara självständigt arbete, pararbete eller grupparbete beroende av vilket arbetssätt lämpar sig bäst till genomföringen av experimentet.⁸⁹ Arbetsmetoder som valts att använda under arbetet bör stöda uppnåendet av experimentets mål. Varierande arbetsmetoder lär olika forskningsfärdigheter och ger en möjlighet för alla elever att lära sig.

Experimentets självständighetsgrad bestäms enligt elevernas färdigheter och kunskaper. Det föreslås att ett experimentellt arbete är styrt i början men öppenheten kan ökas när eleverna utvecklar sig.⁸⁹ Lärarens roll minskar och betonar på handledning när elevens självständighet ökar. Öppna uppgifter utvecklar elevernas kognitiva kunskaper vilket beaktas i formulering av instruktioner för experimentet. Experimentet och instruktionerna ska stöda kognitiva kunskaper på en hög nivå i Blooms taxonomi: eleverna tillämpar, analyserar, värderar och skapar kunskap. Enligt

forskningen av Tomperi & Aksela¹¹⁵ kräver öppna laborationer mer arbete på förhand när läraren modifierar och utvecklar experimentet. Men under själva undervisningssituationen flyttas ansvaret om experimentet till eleverna.

Aksela rekommenderar att betrakta experimentellt arbete ur två synvinklar under planeringen.³ Den första synvinkeln är kemilärarens synvinkel. Läraren bestämmer målet för experimentet, tänker på undervisningsarrangemang och beslutar om bedömningskriterierna. Den andra viktiga synvinkeln är elevens synvinkel, det vill säga vad som händer konkret under experimentet. Läraren planerar ordningen och innehållet av experimentets arbetsfaser på förhand. Eleverna borde behöva göra något före och efter genomföringen av själva experimentet, till exempel läsa genom instruktionerna, bekanta sig med begreppet eller diskutera om resultatets betydelse. Experimentet får inte vara en lös del av lektionen utan det ska anknytas till en kontext. Anknytningen mellan ett vardagligt fenomen och kemins innehåll (s.k. kontext-baserad undervisning) har bevisats att öka motivationen och inlärningsresultatet hos studerande.¹¹⁶

Kemiläraren ska förbereda sig att ge tillräckligt med stöd under det experimentella arbetet. I forskningen av Millar¹¹⁷ riktas uppmärksamhet mot problem i laboratoriearbetet. Eleverna är inte vana vid att arbeta i laboratoriet, de känner inte laboratorieutrustningen och får inte bekanta sig med redskapen i lugn och ro utan arbetet ska göras inom en viss tid. I laboratoriearbete krävs mångsidiga forskningsfärdigheter som behärskande av mätredskap och läraren kan inte anta att eleverna lär sig dem självständigt.^{64,89} Eleverna har inte heller kemilärarens erfarenhet att göra observationer och dra slutsatser.¹¹⁷ Det som kemiläraren ser i materialet och får som resultat motsvarar inte nödvändigtvis elevernas utförande.

4.2 Allmänna planeringshjälpmedel

Det finns flera planeringshjälpmedel ämnad som stöd för lärarens planeringsarbete. Kemiläraren kan söka idéer, innehåll och färdiga uppgifter från läroböcker och webbsidor. Till exempel webbsidorna Kemianluokka Gadolin och PASCO erbjuder gratis instruktioner för experimentellt arbete. Som grunden för planeringen fungerar framför allt grunderna för läroplanen och den skolspecifika läroplanen.

4.2.1 Läroplanen och grunderna för läroplanen

Kemiundervisningen i det finländska utbildningssystemet baserar sig på anvisningar och regler publicerade av Utbildningsstyrelsen.^{9,72} Utbildningsstyrelsen beslutar om målen och det centrala innehållet för varje läroämne och ämneshelhet. I grunderna för läroplanen bestäms bland annat när kemiundervisningen börjar som sitt eget läroämne i grundskolan och hur många obligatoriska kemikurser gymnasiet ska erbjuda. Varje skola/kommun utarbetar en egen läroplan enligt grunderna för läroplanen. Kemiläraren planerar sin undervisning enligt den skolspecifika läroplanen. Grunderna för läroplanen betonar elevens aktiva roll i inläringen och viktigheten av experimentellt arbete men val av undervisningsmetoder och arbetssätt är på lärarens ansvar.

Betydelsen av experimentellt arbete för kemin har motiverats i grunderna för gymnasiets läroplan enligt följande

”Experiment i olika former gör det lättare för de studerande att tillägna sig och förstå begrepp, lära sig forskningsmetoder och förstå naturvetenskapernas karaktär. Genom experimentellt arbete utvecklar de studerande sina arbetssätt, sin samarbetsförmåga och sin förmåga till kreativt och kritiskt tänkande. Samtidigt inspirerar experimenten till studier i kemi.”⁷²

Utgående från denna argumentation gäller flera mål för experimentellt arbete i kemiundervisningen. Man har uppställt tillsammans femton mål (M1-M16) för kemiundervisningen på årskurs 7-9 i den grundläggande utbildningen. Målen M5-M9 betonar speciellt forskningsfärdigheter och experimentellt arbete. Under kemiundervisningen ska läraren

- *uppmuntra eleven att formulera frågor kring de fenomen som granskas och att vidareutveckla frågorna till utgångspunkter för undersökningar och annan aktivitet (M5)*
- *handleda eleven att genomföra experimentella undersökningar i samarbete med andra och att arbeta på ett säkert och konsekvent sätt (M6)*

- *vägleda eleven att behandla, tolka och presentera resultat från egna undersökningar samt utvärdera dem och hela undersökningsprocessen (M7).*⁹

Betoningen av experimentellt arbete fortsätter i grunderna för gymnasiets läroplan. Varje kemikurs i gymnasiet har egna lärandemål och innehåll. Genomförande av experiment uppträder i målen för varje kurs, studerande ska till exempel

- *kunna undersöka olika kemiska fenomen experimentellt och med hjälp av olika modeller samt beakta arbetarskyddsaspekterna (KE1)*
- *kunna undersöka fenomen i samband med reaktioner experimentellt och med hjälp av olika modeller (KE3)*
- *kunna undersöka fenomen som berör material och elektrokemi med hjälp av experiment och modeller (KE4).*⁷²

Experimentellt arbete har lyfts fram också i läroämnets innehåll. Det första och kanske viktigaste innehållsområdet för kemiundervisningen i grundläggande utbildning är I1 Naturvetenskaplig forskning. Den lägger grunden för alla andra innehållsområden och har anknytningar till nästan alla mål. Syftet med innehållet är att presentera den naturvetenskapliga forskningsprocessen för eleverna och lära eleverna forskningsfärdigheter, till exempel experimentellt arbete med hjälp av naturvetenskapliga metoder. Övningen av naturvetenskapliga forskningsmetoder fortsätts i gymnasieutbildningen. Exempel på centrala innehåll i gymnasiet är

- *användning av redskap och reagens samt framställning av lösningar (KE2)*
- *experimentell undersökning av reaktioner, titrering som analysmetod, behandling, tolkning och presentation av undersökningsresultat (KE3)*
- *framtagning av idéer och planering i experimentellt arbete eller i problemlösning (KE4).*⁷²

4.2.2 Läroböcker

En lärobok definieras som ett verk ämnat för undervisning.¹¹⁸ Läroboken är viktig för både eleven och läraren. Den fungerar som inlärningshjälpmedel och planeringshjälpmedel.¹¹⁹ Läroboken är det mest signifikanta läromaterialet i kemiundervisningen som används kontinuerligt bland lärarna.¹²⁰ Läraren använder läroboken som referens för innehållet och programmet för undervisningen.¹²¹

Läroboken hjälper i lektionsplaneringen: med hjälp av boken kan läraren kolla hur boken presenterar innehållet. Allmänt är lärarna medvetna om lärobokens värde för planeringen av undervisning. Kriterierna för bra läromaterial enligt lärarna är bland annat att boken underlättar planeringsarbete, innehåller instruktioner för läraren och uppmuntrar till experimentellt arbete.¹¹⁹ Läroboken som passar för lärarens undervisningsmetoder underlättar lärarens planeringsarbete. Läroboken stöder undervisningen och behovet för modifiering av bokens innehåll minskar.¹²²

Läroböckerna har studerats och kritiserats mycket varför bör lärarna vara medvetna om nackdelarna i användningen av en lärobok. Beskrivningar i läroböckerna har bevisats stöda och bilda missuppfattningar om naturfenomen enligt forskningen av Viiri.¹²³ Fenomen beskrivs också med gamla modeller och hybridmodeller som stöder bildningen av missuppfattningar hos eleverna.¹²⁴ Modellerna i läroböckerna stöder inte elevens förståelse om innehållet.²¹ Läroböckerna presenterar ofta felaktiga modeller om vetenskapliga forskningsprocesser.¹²⁵ Modellerna ger ett intryck att en vetenskaplig forskning är alltid likadan och framgår lineärt från en startpunkt. Denna föreställning stöder inte elevernas förståelse om kemins karaktär.

Uppgifterna och undervisningsmetoderna som används i läroböckerna utvecklar vissa kognitiva kunskaper hos eleverna. I forskningen av Ahtineva¹²² kategoriserades uppgifterna i läroböckerna till fyra klasser enligt elevens kognitiva aktivitet. Läroböckerna innehöll mest uppgifter från de två första klasserna, vilka aktiverade eleven minst.¹²⁶ Brist på aktiverande uppgifter syns också i den experimentella delen. Enligt forskningen av Tomperi & Aksela¹¹⁵ vägleder 75 % av laborationsarbeten i läroböckerna till mekaniskt utförande i stället för aktiv behandling av kunskap. Läroböckerna innehåller vanligt för noggranna instruktioner, bilder eller beskrivningar som underlättar genomföringen av experimentet. En del av instruktionerna även avslöjar experiments resultat.

5 Laborarieutrustningen i skolan

På grund av kemins karaktär har kemiundervisningen sitt speciella undervisningsutrymme som skiljer sig betydligt från utrymmen för andra läroämnen. Undervisningsutrymmet, det s.k. skollaboratoriet har sådan utrustning och inredning

att experimentellt arbete kan utföras och kemikalier förvaras på ett tryggt sätt.¹²⁷ Skollaboratoriet liknar äkta laboratorier: det innehåller laboratorieredskap, säkerhetsutrustning (till exempel skyddsglasögon, nöddusch, ögonspolning, brandfilt och handbrandsläckare) och fast inredning som vattenkran och tvättställ.

I MAOL-tabeller publicerats av riksförbundet för lärare i matematiska ämnen MAOL rf presenteras följande utrustning som grundredskapen i kemin: degel, porslinsskål, sugflaska, mätglas (eller mätcylinder), volymetrisk flaska, bägare, tratt, rundkolv, erlenmeyerkolv (eller e-kolv), kylare, byrett, mätpipett och volymetrisk pipett.¹²⁸ Vanlig laboratorieutrustning i ett skollaboratorium kan delas i grupper utgående från Undervisningsstyrelsens anvisningar för naturvetenskapliga undervisningsutrymmen (tabell 4).¹²⁷ Utanför kategoriseringen lämnas fast utrustning och säkerhetsutrustning.

Tabell 4. Utrustningsgrupperna i ett skollaboratorium utgående från Utbildningsstyrelsens anvisningar för naturvetenskapliga undervisningsutrymmen¹²⁷

Utrustningsgrupp	Exempel på redskap
1. Kartor, tabeller och modeller	Periodiska systemet, molekylmodeller
2. Mätredskap	Mätglas, pipett, våg
3. Uppvärmningsredskap	Bunsenbrännare, kokplatta, degeltång
4. Apparater och mätare	Termometer, pH-mätare
5. Spektroskopi ja kromatografi	TLC-skiva, kyvetter
6. Destillerings- och sugfiltreringsredskap	Buchner-tratt, rundkolv
7. Lagrings- och förvaringsredskap	Provrör, kärl
8. Forskningsredskap för undersökning av vattnets egenskaper	Secchi-skiva, pH-papper
9. Merkantila forskningspaket	Discover Density Kit (PASCO)

Undervisningsstyrelsens anvisningar för naturvetenskapliga undervisningsutrymmen gäller den gamla läroplanen och skolorna behöver inte följa anvisningarna enligt lagen.¹²⁷ På grund av denna orsak kan man anta att laboratorieutrustningen i finländska skolor varierar. De redskap som skolan erbjuder har inverkan på elevens inläring. I forskningen av Salmio⁴⁶ konstateras att rik utrustning påverkar inlärningsresultaten positivt. Utrustningen är en viktig förutsättning för genomföringen av experimentet.

Enligt forskningen av Aksela & Juvonen⁹² använder inte en del av lärarna experimentellt arbete som undervisningsmetod på grund av laborieredskap och kemikalier som saknas.

6 Utredning av skollaboratoriets vanliga utrustning

I detta kapitel presenteras studiens forskningsmetod och forskningsresultat. Enkäten som användes i studien presenteras i bilaga 1. Resultatet presenteras huvudsakligen med hjälp av tabeller och figurer. En del av forskningsresultatet presenteras kort i texten men fullständiga data finns i bilaga 3. I slutet av kapitlet diskuteras möjliga orsaker som inverkar på resultatet samt studiens tillförlitlighet.

6.1 Forskningsmetod

Den metod som användes var en surveyundersökning som gjordes med hjälp av en enkät. Enkäten presenteras i bilaga 1. Studien innehöll både en kvantitativ och kvalitativ analys och bestod av två faser. Den första fasen var att utreda vilken laborierutrustning som är vanlig i ett skollaboratorium. Utrustningen i detta fall innebär bara laborieredskap som används i experimentellt arbete. Redskapen kan användas av både läraren och eleverna. Utrustning som arbetsbänk och vask eller säkerhetsutrustning omfattas inte av studien. I det andra steget fokuserades på att utreda lärarnas uppfattningar om och erfarenheter av laborierutrustningen: redskapsanvändning, egenskaper och inverkan på planeringsarbetet.

Enkäten skickades elektroniskt till sextiofem skolor i Finland (en lista över skolorna presenteras i bilaga 2), de flesta svenskspråkiga grundskolorna och gymnasierna. Svarstiden för enkäten var två månader (november och december 2019). Enkäten innehöll öppna frågor och frågor som besvarades med hjälp av Likertskala. Öppna frågor användes för att utreda lärarnas egna åsikter om och motiveringar för sättet att arbeta. Likertskalan användes för att få tydliga svar som lätt kunde jämföras med varandra. I enkäten användes samma indelning av utrustningen som presenterades i tabell 4. En del av lärarnas svar analyserades och kategoriserades enligt deras typ (t.ex. orsaker till användningen av vissa redskap).

6.2 Forskningsresultat

Svarsprocenten för enkäten var nästan 60 %, sammanlagt 37 kemilärare deltog i utredningen. Lärarna undervisade på olika utbildningsnivåer: 30 % av lärarna undervisade i gymnasiet ($n = 11$), 60 % i grundskolan ($n = 22$) och 10 % på båda utbildningsnivåerna ($n = 4$). Resultatet från studien presenteras indelat i fyra delar enligt ämnena.

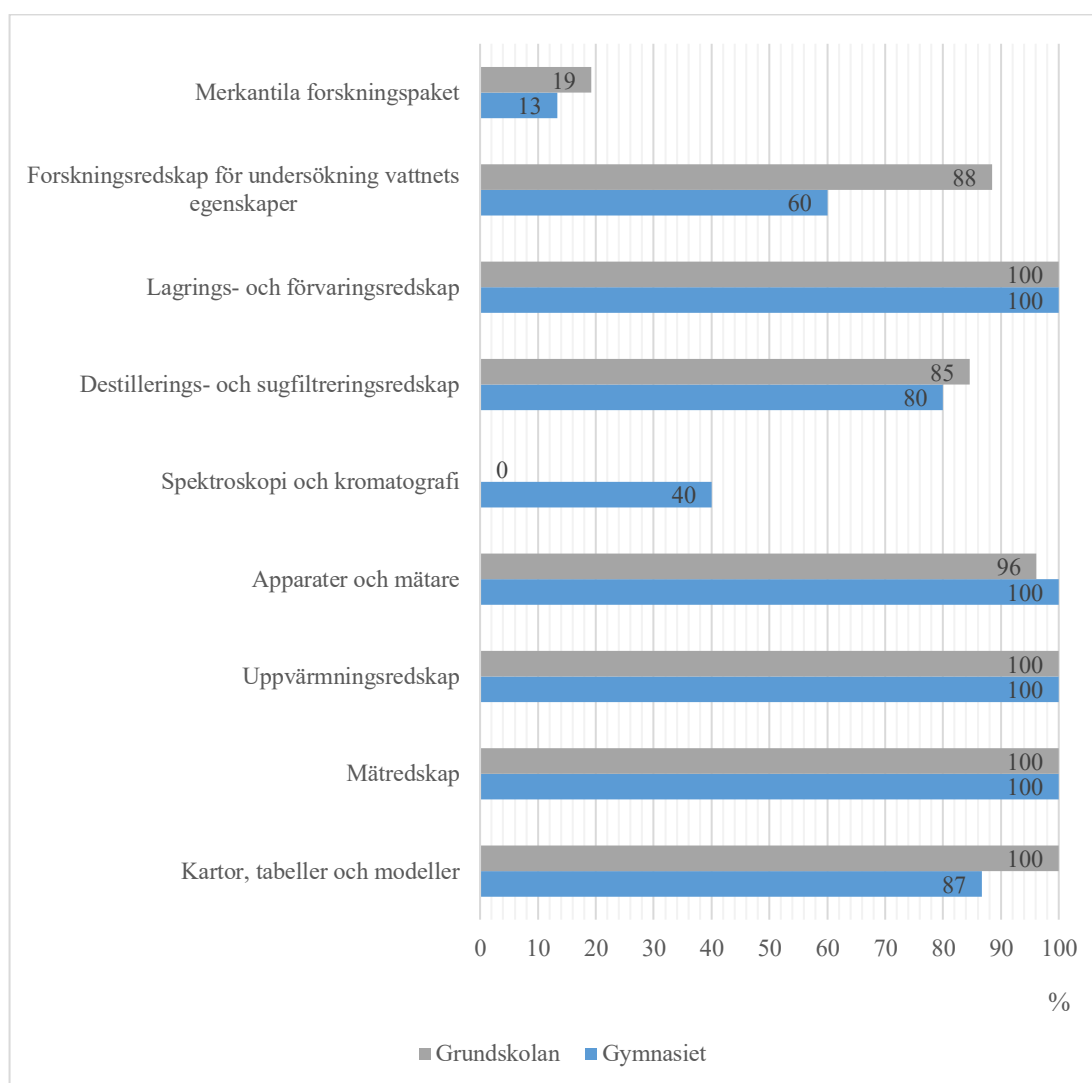
6.2.1 Laborieutrustningens sammansättning

Enligt studien hade varje skola laborieredskap från flera typer av utrustning (tabell 5). Utrustningsgrupperna mätredskap, uppvärmningsredskap samt lagrings- och förvaringsredskap fanns i varje skollaboratorium. Också grupperna kartor, tabeller och modeller samt apparat och mätare fanns i nästan alla skolor. Destillerings- och sugfiltreringsredskap och forskningsredskap för undersökning av vattnets egenskaper fanns i de flesta skolor (81 %). I mindre än en femtedel av skollaboratorierna fanns utrustningsgrupperna spektroskopi och kromatografi samt merkantila forskningspaket.

Tabell 5. Tillgången till utrustningsgrupper i skollaboratorierna presenterade enligt frekvens och relativ frekvens ($n=37$).

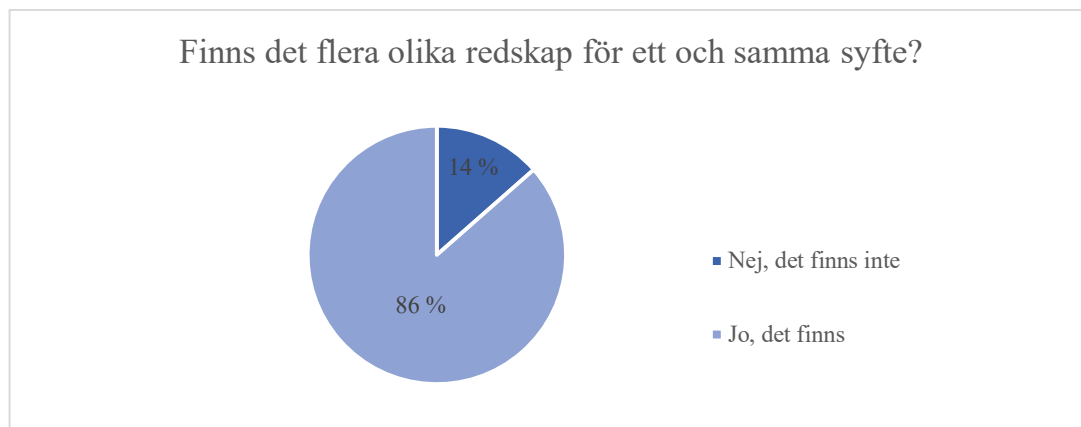
Utrustningsgrupp	Tillgång till utrustningen	
	Frekvens ($n = 37$)	Relativ frekvens
Kartor, tabeller och modeller	35	95 %
Mätredskap	37	100 %
Uppvärmningsredskap	37	100 %
Apparater och mätare	36	97 %
Spektroskopi och kromatografi	6	16 %
Destillerings- och sugfiltreringsredskap	30	81 %
Lagrings- och förvaringsredskap	37	100 %
Forskningsredskap för undersökning vattnets egenskaper	30	81 %
Merkantila forskningspaket	7	19 %

Tillgången till de olika utrustningsgrupperna varierade mellan utbildningsnivåerna (figur 16). Den relativa frekvensen för tillgången till utrustningsgrupperna i grundskolor var hög (över 85 %) förutom utrustningsgrupperna spektroskopi och kromatografi samt merkantila forskningspaket. Tillgången till de olika utrustningsgrupperna i gymnasier varierade mellan 13 % och 100 %. Utrustningen för experimentellt arbete i spektroskopi och kromatografi fanns bara i 40 % av alla gymnasier. Den största skillnaden mellan utbildningsnivåerna var tillgången till forskningsredskap för undersökning av vattnets egenskaper. Skillnaden i den relativa frekvensen var 28 procentenheter.



Figur 16. Tillgången till redskap i alla utrustningsgrupper för båda utbildningsnivåerna enligt lärarnas svar. I tabellen presenteras de relativa frekvenserna för gymnasiet ($n = 15$) och grundskolan ($n = 26$). De lärare som undervisade på båda utbildningsnivåerna ($n = 4$) har räknats med i frekvensen för båda utbildningsnivåerna.

De flesta skollaboratorier (86 %) hade olika redskap för ett och samma syfte (figur 17). Bara 14 % av skolorna hade endast ett redskap för ett specifikt syfte.

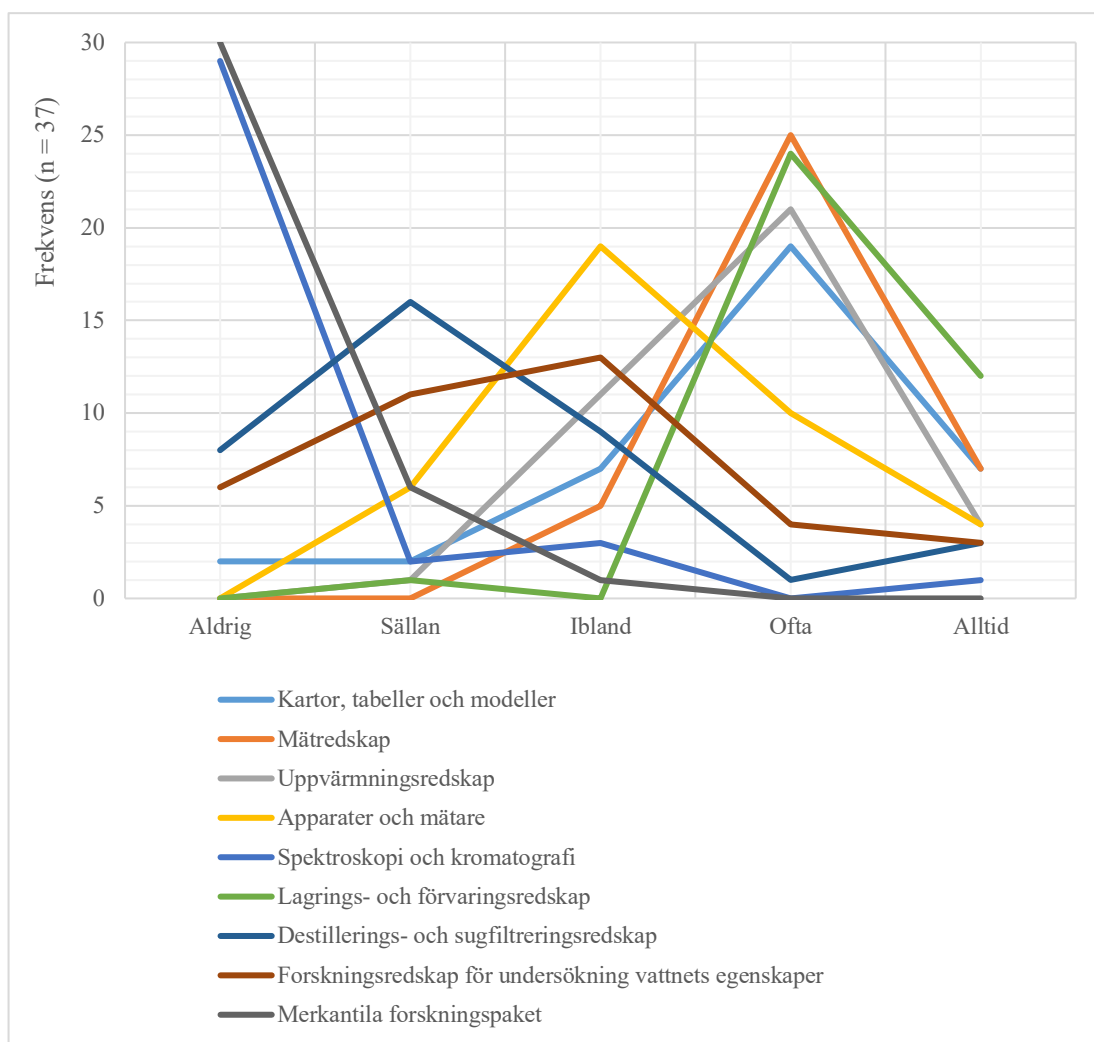


Figur 17. Tillgången till olika redskap för ett och samma syfte i skollaboratorierna ($n = 37$).

6.2.2 Användning av laborieutrustningen

Frekvensen och den relativa frekvensen för hur ofta redskap från de olika utrustningsgrupperna användes, användningsnivån, finns i tabell 1 i bilaga 3. Användningen av laborieutrustningen varierade mellan utrustningsgrupperna (figur 18). Redskap ur en del av grupperna användes mycket i experimentellt arbete. Lagrings- och förvaringsredskap och mätredskap användes regelbundet. Cirka 97 % av lärarna använde lagrings- och förvaringsutrustningen ofta eller alltid på kemilektionerna. Mätredskapen användes ofta eller alltid på lektioner av cirka 85 % av lärarna. Också uppvärmningsredskap samt kartor, tabeller och modeller användes i betydande grad, cirka 50 % av lärarna använde utrustningen ofta.

Över 75 % av lärarna uppskattade att utrustningsgrupperna spektroskopi och kromatografi och merkantila forskningspaket aldrig användes i experimentellt arbete. En utrustningsgrupp som användes sällan bland lärarna (43 % av alla lärare) var destillerings- och sugfiltreringsredskap. Hälften av lärarna använde ibland apparater eller mätare på lektionerna. Forskningsredskap för undersökning av vattnets egenskaper stack ut på grund av sin låga användningsnivå, lärarna använde utrustningen ibland (35 %) eller sällan (30 %) på lektionerna.

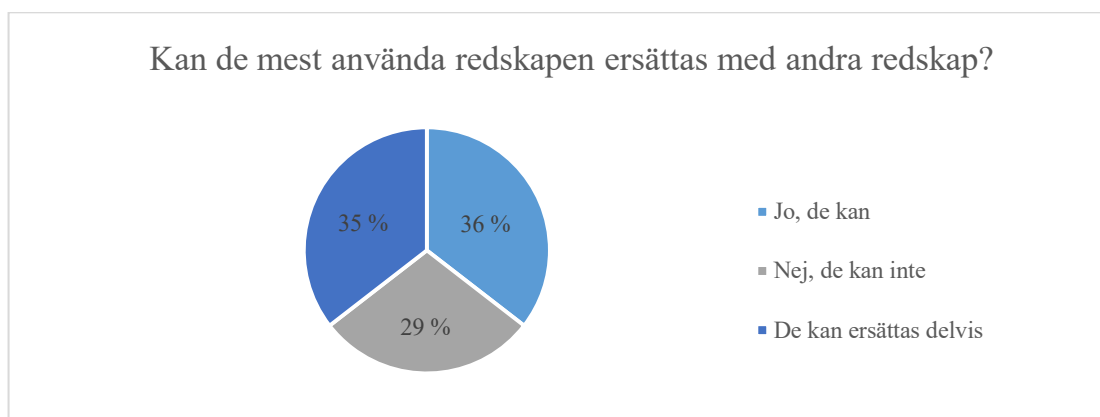


Tabell 18. Mönster för olika utrustningsgrupper i skolorna enligt användningsnivån.

Varje lärare rapporterade vilka fem redskap som användes mest i experimentellt arbete på deras lektioner (tabell 2 i bilaga 3). De mest använda redskapen bland kemilärarna var provrör ($n = 30$), bägare ($n = 26$), pipett ($n = 18$), mätglas ($n = 13$) och bunsenbrännare ($n = 12$). Andra redskap som användes mycket bland lärarna var det periodiska systemet ($n = 7$) och pH-papper ($n = 7$). Redskapen som rapporterades av enbart en lärare var bland annat byrett, degel och tratt. Lärarna använde redskapen för både elevlaborationer (73 %) och demonstrationer (24 %).

Lärarna hade tre nästan lika viktiga motiveringar till användningen av redskapen (tabell 3 i bilaga 3). En orsak var utrustningens egenskaper ($n = 13$). Lärarna tyckte att redskapen lämpar sig bra för experimentellt arbete och beskrev redskapen som tydliga, lättanvända och mångsidiga. En annan orsak var anknytningen mellan teori och praktik ($n = 12$). Lärarna ansåg att redskapen behövs för att visa den experimentella delen av kemin. En mindre del av lärarna ($n = 10$) beskrev redskapen som basutrustning i kemin.

som behövs i experimentellt arbete. En lärare motiverade användningen med ett krav: redskapen hör till vissa kemikurser. Över 70 % av lärarna ($n = 31$) tyckte att de mest använda redskapen helt eller delvis kunde ersättas med andra redskap (figur 19). Under en tredjedel tyckte att redskapen inte kan ersättas med andra redskap.



Figur 19. Relativ frekvens för kemilärarnas åsikter om möjligheten att ersätta de mest använda redskapen med andra redskap ($n = 31$).

Varje lärare nämnde fem redskap som de använde minst på kemilektionerna (tabell 3 i bilaga 3). De minst använda redskapen bland kemilärarna var destilleringsredskap ($n = 10$), degel ($n = 6$), rundkolv ($n = 5$), urglas ($n = 4$) och lertriangel ($n = 4$). Andra redskap som inte användes var bland annat separationstratt, termometer och sugfiltreringsredskap. De flesta lärarna ($n = 17$) tyckte att redskapen inte behövdes för experimentellt arbete eller de behövdes bara för några få laborationsarbeten. Fem lärare tyckte att utrustningen inte passade i undervisningen och experimentellt arbete på grund av dess egenskaper.

6.2.3 Laborieutrustningens egenskaper

Lärarnas åsikter om skollaboratoriets utrustning utreddes med hjälp av Likertskalan som innehöll nio påståenden om laborieutrustningen i skolan. Påståendena uttryckte en positiv inställning till utrustningen. Lärarnas svar presenteras i tabell 6. Positiva attityder dominerade lärarnas svar. En stor del av lärarna tyckte att påståendena 1–2, 4–6 och 8–9 stämde delvis eller helt.

Nästan 60 % av lärarna var delvis nöjda och nästan 40 % helt nöjda med laborieutrustningen i skolan. De flesta lärarna (89 %) upplevde att utrustningen omfattade helt eller delvis alla centrala redskap. Nästan alla lärare tyckte också att

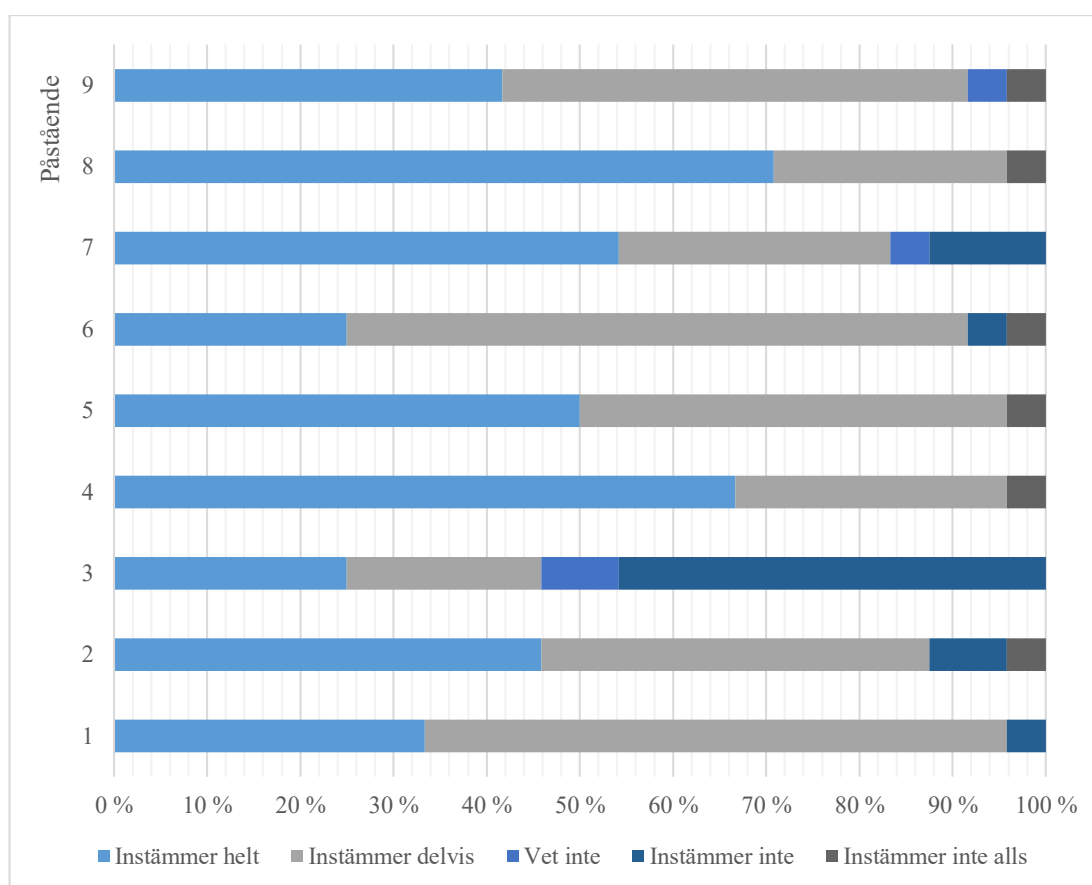
utrustningen lämpade sig för experimentellt arbete (cirka 70 % av lärarna ansåg att utrustningen lämpade sig helt och cirka 30 % delvis) och att redskapen kunde användas på flera olika sätt (63 % av lärarna tyckte att påståendena stämde helt och 34 % delvis). Cirka 70 % av lärarna instämde delvis i att kvaliteten på utrustningen var bra. Några lärare (n = 4) instämde inte med påståendet. En stor del av lärarna (cirka 66 %) upplevde också att redskapen passar för kemiundervisningen. Påståendet ”utrustningen är mångsidig” delade nästan hälften av lärarna, en del av lärarna instämde helt och andra instämde delvis.

Tabell 6. Lärarnas åsikter om utrustningen i skolan. Tabellen presenterar resultatet som frekvens och relativ frekvens (n = 35). Värde 1 motsvarar svarsalternativet ”Instämmer inte alls” och värde 5 ”Instämmer helt”. En lärare motsvarar cirka 3 procentenheter i tabellen.

Påstående	Lärarnas svar				
	Frekvens och relativ frekvens (n = 35)				
	1	2	3	4	5
1. Jag är nöjd med utrustningen i skollaboratoriet	0 (0 %)	2 (6 %)	0 (0 %)	20 (57 %)	13 (37 %)
2. Utrustningen omfattar alla centrala redskap	1 (3 %)	3 (9 %)	0 (0 %)	16 (46 %)	15 (43 %)
3. Det saknas inte redskap från utrustningen	1 (3 %)	15 (43 %)	3 (9 %)	9 (26 %)	7 (20 %)
4. Redskapen lämpar sig till experimentellt arbete	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	10 (29 %)	24 (69 %)
5. Redskapen kan användas på flera olika sätt	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	12 (34 %)	22 (63 %)
6. Kvaliteten på utrustningen är bra	1 (3 %)	3 (9 %)	0 (0 %)	24 (69 %)	7 (20 %)
7. Redskapen räcker för alla (grupper/ elever)	1 (3 %)	9 (26 %)	1 (3 %)	9 (26 %)	15 (43 %)
8. Redskapen passar till undervisningen	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	11 (31 %)	23 (66 %)
9. Utrustningen är mångsidig	1 (3 %)	1 (3 %)	2 (6 %)	16 (46 %)	15 (43 %)

Åsikterna om påståendena 3 och 7 bland kemilärarna var mer spridda. Cirka 46 % av lärarna tyckte att det saknades redskap i utrustningen i skollaboratoriet men de flesta lärarna ändå ansåg att de centrala redskapen fanns i skolan. En tredjedel av lärarna upplevde också att redskapen inte räcker till alla elever eller grupper, medan cirka 70 % av lärarna tyckte att det finns tillräckligt med utrustning i skollaboratoriet.

De lärare som undervisade i grundskolan hade huvudsakligen likadana positiva åsikter om skollaboratoriets utrustning (figur 20). Över 80 % av lärarna instämde helt eller delvis med de positiva påståendena, utom påstående 3 där nästan hälften av lärarna var av motsatt åsikt. Lärarna upplevde att det saknas redskap i utrustningen. De flesta lärare instämde delvis med påståenden 1 och 6: lärarna var inte helt nöjda med utrustningen och kvaliteten på utrustningen.

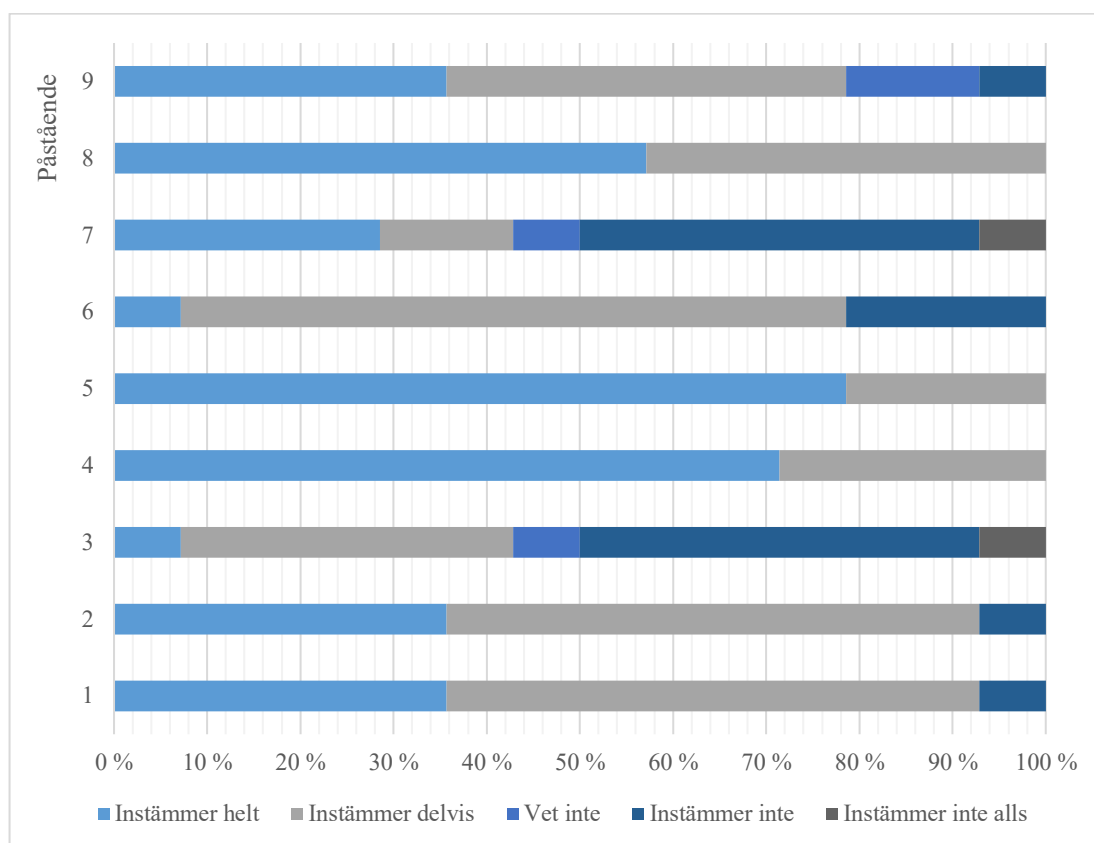


Figur 20. Lärarnas åsikter om utrustningen i grundskolan. Figuren presenterar lärarnas svar som relativ frekvens ($n = 24$). De lärare som undervisade på båda utbildningsnivåerna har räknats med i båda frekvenserna ($n = 3$).

De lärare som undervisade i gymnasiet instämde huvudsakligen med påståendena (figur 21). Lärarna var lika missnöjda med de bristfälliga redskapen som lärarna i

grundskolan. Hälften av lärarna tyckte att påstående 3 inte stämde. Det andra påståendet som inte stämde enligt lärarna var påstående 7. Hälften av lärarna tyckte att redskapen inte räckte för alla studerande eller grupper, medan över 70 % av lärarna i grundskolan tyckte att redskapen räcker.

En stor del av lärarna i grundskolan tyckte att utrustningen omfattar alla centrala redskap. Däremot var det färre lärare i gymnasiet som instämde med påstående 2. Lärarna på båda utbildningsnivåerna ansåg att redskapen är lämpliga i experimentellt arbete (påstående 4), den relativa frekvensen för båda utbildningsnivåerna var nära 70 %. Lärarna i gymnasiet tyckte att laboratorieredskapen kan användas på flera olika sätt. Nästan 80 % av lärarna i gymnasiet instämde helt med påstående 5 medan den relativa frekvensen för grundskolan var 50 %. Lärarna i gymnasiet var mer missnöjda med kvaliteten på utrustningen än lärarna i grundskolan. Över 20 % av lärarna ($n = 3$) höll inte alls med påstående 6 ”kvaliteten på utrustningen är bra”.



Figur 21. Lärarnas åsikter om utrustningen i gymnasiet. Figuren presenterar lärarnas svar som relativ frekvens ($n = 14$). Lärarna som undervisade i båda utbildningsnivåerna har räknats med i båda frekvenserna ($n = 3$).

6.2.4 Inverkan på planeringsarbetet

Laboratorieutrustningens inverkan på planeringsarbetet studerades med hjälp av lärarnas svar på tolv påståenden. Lärarnas svar på påståendena 1–6 presenteras i tabell 7. Den största delen av lärarna instämde helt eller delvis med påståendena. Påståendena 2 och 5 var undantag där lärarnas åsikter fördelades mer jämnt. 40 % av lärarna upplevde inte att de har övergett ett experiment på grund av att det saknas redskap, medan 50 % av lärarna instämde med påståendet. Nästan hälften av lärarna sökte idéer för experiment utifrån utrustningen.

Tabell 7. Lärarnas åsikter om utrustningen och planeringsarbetet. Tabellen presenterar lärarnas svar på påståendena 1–6 som frekvens och relativ frekvens (n = 35). Värde 1 motsvarar svarsalternativet "Instämmer inte alls" och värde 5 "Instämmer helt". En lärare motsvarar cirka 3 procentenheter i tabellen.

Påståendet	Lärarnas svar				
	Frekvens och relativ frekvens (n = 35)*				
	1	2	3	4	5
1. Jag har ersatt ett redskap med ett annat redskap under planering av experimentellt arbete	2 (6 %)	4 (12 %)	0 (0 %)	22 (65 %)	6 (18 %)
2. Jag har övergett ett experiment på grund av redskap som saknades	6 (17 %)	8 (23 %)	4 (11 %)	10 (29 %)	7 (20 %)
3. Jag har modifierat experiment så att det passar med utrustningen som finns i skollaboratoriet	2 (6 %)	2 (6 %)	1 (3 %)	16 (46 %)	14 (40 %)
4. Jag planerar experiment enligt tillgång till utrustningen	1 (3 %)	2 (6 %)	1 (3 %)	18 (51 %)	13 (37 %)
5. Jag söker idéer för experiment utifrån utrustningen	6 (17 %)	11 (31 %)	2 (6 %)	13 (37 %)	3 (9 %)
6. När jag planerar experiment kontrollerar jag vilka redskap jag har tillgång till	0 (0 %)	4 (11 %)	1 (3 %)	14 (40 %)	16 (46 %)

*På påstående 1 svarade 34 kemilärare.

Lärarnas svar på påståendena 7–12 presenteras i tabell 8. Lärarnas åsikter fördelades för och emot påståendena. De flesta lärarna (85 %) kontrollerade antalet redskap under

planeringsarbetet, fem lärare av trettiofem lärarna gjorde det inte. De flesta lärarna (76 %) ansåg också att antalet påverkade planeringsarbetet. Lika många lärare (75 %) tyckte att tillgången till utrustningen hade en inverkan. Nästan hälften av lärarna (43 %) upplevde att tillgången till utrustningen hade en negativ inverkan på planeringsarbetet genom att begränsa kreativiteten, medan den andra delen (43 %) tyckte att utrustningen inte begränsade deras kreativitet. Cirka hälften av lärarna (46 %) använde sin kreativitet i användningen av utrustningen. En stor del av lärarna (77 %) tyckte att det är lätt att koppla ihop ett eget experiment och utrustningen i skolan. Under en femtedel upplevde kopplingen som svår.

Tabell 8. Lärarnas åsikter om utrustningen och planeringsarbetet. Tabellen presenterar lärarnas svar på påståendena 7–12 som frekvens och relativ frekvens (n = 35). Värde 1 motsvarar svarsalternativet "Instämmer inte alls" och värdet 5 "Instämmer helt". En lärare motsvarar cirka 3 procentenheter i tabellen.

Påståendet	Lärarnas svar				
	Frekvens och relativ frekvens (n = 35)*				
	1	2	3	4	5
7. När jag planerar experiment kontrollerar jag redskapsmängden	0 (0 %)	5 (15 %)	0 (0 %)	13 (40 %)	15 (45 %)
8. Redskapsmängden påverkar mitt planeringsarbete	1 (3 %)	6 (18 %)	1 (3 %)	17 (50 %)	9 (26 %)
9. Tillgång till utrustningen påverkar mitt planeringsarbete	2 (6 %)	7 (20 %)	0 (0 %)	16 (46 %)	10 (29 %)
10. Tillgång till utrustningen begränsar inte min kreativitet under planeringsarbete	1 (3 %)	14 (40 %)	2 (6 %)	13 (37 %)	5 (14 %)
11. Jag använder ofta kreativitet i användningen av utrustning	2 (6 %)	11 (31 %)	6 (17 %)	13 (37 %)	3 (9 %)
12. Det är svårt att koppla ihop ett experiment som jag har planerat och redskap som jag har tillgång till	13 (37 %)	14 (40 %)	2 (6 %)	5 (14 %)	1 (3 %)

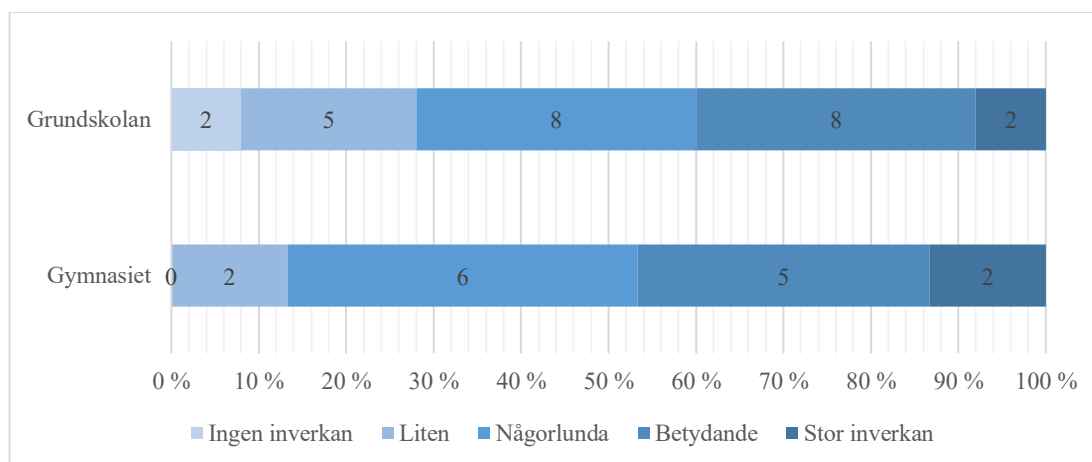
*På påstående 7 svarade 33 kemilärare och på påstående 8 svarade 34.

Kemilärarna uppskattade själva utrustningens inverkan på planeringsarbetet (tabell 9). Två lärare tyckte att utrustningen inte hade någon inverkan på planeringsarbetet, medan trettiofyra lärare upplevde att utrustningen hade en inverkan. De flesta lärarna ($n = 24$) uppskattade att inverkan var någonlunda eller betydande. Fyra lärare upplevde att utrustningen hade en stor inverkan på deras planeringsarbete.

Tabell 9. Kemilärarnas egen uppskattning om utrustningens inverkan

	Uppskattad inverkan ($n = 36$)				
	Ingen inverkan	Liten	Någonlunda	Betydande	Stor inverkan
Frekvens	2	6	10	14	4
Relativ frekvens	6 %	17 %	28 %	39 %	11 %

De lärare som undervisade på de olika utbildningsnivåerna hade likadana åsikter om inverkan (figur 22). De flesta kemilärare på båda utbildningsnivåerna (cirka 65 % och 75 %) upplevde att utrustningen har en någonlunda eller betydande inverkan på planeringsarbetet. En större del av lärarna i grundskolan ($n = 5$) uppskattade inverkan som liten jämfört med motsvarande andel av lärarna i gymnasiet ($n = 2$). Alla lärare i gymnasiet upplevde att utrustningen hade en inverkan, liten eller stor, medan två av lärarna i grundskolan tyckte att utrustningen inte alls hade någon inverkan på planeringsarbetet.



Figur 22. Uppskattad inverkan enligt utbildningsnivåerna. De lärare som undervisade i grundskolan ($n = 25$) och gymnasiet ($n = 15$) uppskattade utrustningens inverkan på planeringsarbetet. De lärare som undervisade på båda utbildningsnivåerna har räknats med i båda frekvenserna ($n = 4$).

6.3 Diskussion och slutsatser

Tillgången till olika typer av utrustning i de studerade finländska skolorna var mycket bra. Alla centrala utrustningsgrupper, som mätredskap, förvarings- och lagringsredskap, uppvärmningsredskap fanns i varje skola. Också tillgången till de andra utrustningsgrupperna var hög (över 80 %) förutom två utrustningsgrupper (spektroskopi och kromatografi samt merkantila forskningspaket) som fanns i få skolor. Skillnaden mellan grundskolor och gymnasier var huvudsakligen liten. Redskap för spektroskopi och kromatografi fanns endast i gymnasierna vilket är logiskt. Metoderna kräver en god förståelse av ämnets struktur och egenskaper varför de bättre passar för gymnasieundervisningen. Forskningsredskap för undersökning av vattnets egenskaper fanns i de flesta grundskolorna (nästan 90 %), medan tillgången till redskapen var cirka 30 procentenheter lägre i gymnasierna. Vattnets egenskaper behandlas utförligt i grundskolan och vattnet är ett relativt tryggt forskningsobjekt, varför det passar bra för unga elever som håller på och bekantar sig med laborationsarbete.

Den största delen av skolorna hade olika redskap för ett och samma syfte. Kemiläraren har då möjlighet att variera redskap som används i det experimentella arbetet, och eleverna har möjlighet att lära sig olika metoder att använda olika redskap. Till exempel uppvärmning kan utföras på flera olika sätt genom att använda bland annat tändstickor, en tändare, en kokplatta, en bunsenbrännare eller en mikrovågsugn. Varierande arbetssätt och metoder erbjuder alla elever en möjlighet att utvecklas och lära sig. Det krävs mångsidiga arbetssätt också enligt grunderna för läroplanen. Skolan borde erbjuda en undervisningsmiljö som möjliggör detta, det vill säga skollaboratoriet borde innehålla ett brett urval av redskap.

De mest använda utrustningsgrupperna var de grupper som fanns i de flesta skolor. En orsak till deras popularitet kan vara en god tillgång till redskapen. Lärarna själva berättade att redskapen var lätta att använda och mångsidiga och hörde till basutrustningen. Uppvärmningsredskap, mätredskap och förvarings- och lagringsredskap behövs för att genomföra många basexperiment i kemin. En exakt volym kan inte mätas utan en pipett och en lösning kan inte beredas i en mugg utan det behövs en mätflaska. Redskapen är faktiskt en central del av laboratoriearbetet, och därför används de mycket i kemiundervisningen. Detta förklarar också varför cirka

en tredjedel motsatte sig till en ersättning av utrustningen. Experimentellt arbete med vanliga skedar och muggar kan visserligen ge eleverna någon slags inblick i undersökningen men ingen riktig inblick i laboratoriearbete, i kemins karaktär eller i naturvetenskaplig forskning.

Merkantila forskningspaket fanns bara i några få skolor och de inte heller var populära i undervisningen. Lärarna verkar föredra experiment som de själva kan planera och påverka. Det var överraskande eftersom färdiga forskningskit skulle underlätta planeringen och på det sättet minska lärarnas arbetsmängd. Andra redskap som användes sällan i undervisningen var bland annat destilleringsredskap. Destillering är inte en central del av innehållet i kemin i grundskolan och bara en liten del av innehållet i gymnasiekemin. Det finns också flera orsaker till att destillering inte är en populär metod i skolan. Destilleringen är tidskrävande och det behövs specifik och dyr utrustning för att genomföra ett experiment. Lärarna har inte mycket tid att undervisa innehållet, och enligt mina egna erfarenheter är korta och snabba experiment populära i skolan.

Kemilärarna hade många positiva åsikter om laboratorieutrustningen i sin skola och var huvudsakligen nöjda med utrustningen. En stor del av lärarna upplevde att utrustningen var av god kvalitet, den passade för experimentellt arbete och undervisning samtidigt som den omfattade alla relevanta redskap. Om skolan erbjuder en mångsidig och bred uppsättning av redskap minskar lärarens behov av att kontrollera utrustningen kontinuerligt. En bra laboratorieutrustning innehåller fler redskap än det finns elever per elevgrupp så att flera lärare kan använda redskapen utan att redskapen tar slut. En betydande del av kemilärarna behövde utnyttja sin kreativitet i användningen av utrustningen och upplevde att utrustningen begränsade planeringen. Det berättar att utrustningen sannolikt inte är mångsidig och riklig. Många lärare tyckte också att det saknades redskap i utrustningen fastän utrustningen innehöll alla centrala redskap. Vidare studier behövs för att utreda vilka redskap som behövs för experimentellt arbete men saknas i detta nu.

Laboratorieutrustningen i skolan har en betydande inverkan på planeringen och det experimentella arbetet. Hälften av kemilärarna upplevde att de inte kan genomföra ett experiment på grund av att det saknas redskap. Enligt utredningen har skolorna i jämförelse med varandra olika laboratorieutrustning. Man kan anta att det också

varierar hur väl utrustningen i skolan passar för kemilärarens undervisningsstil och experiment som genomförs på lektioner. Kemilärarna använder olika undervisningsmetoder och föredrar olika experiment. Dessutom spelar lärarens expertis en viss roll. En kreativ kemilärare med bra innehållskunskap kan modifiera arbetsinstruktioner och experiment samt ersätta redskap som saknas med andra redskap. Då blir inte tillgången till specifika redskap lika viktig och det hindrar inte kemiläraren att genomföra experimentet.

6.3.1 Sammandrag

Resultatet från utredningen var överraskande. Det stöder inte helt forskningshypotesen eller MAOLs ställningstagande. Det förväntades att resultatet berättar om hur missnöjda kemilärarna är, hur dålig tillgången till redskap är i skolan, samt vilken negativ inverkan utrustningen har på planeringsarbetet och det experimentella arbetet. Resultat var det motsatta. De lärare som deltog i utredningen var mer nöjda än missnöjda med laborieutrustningen i sin skola, och tillgången till redskap var mycket god. Många lärare hade en positiv bild av utrustningens egenskaper. Utrustningen i skollaboratoriet innehöll alla centrala redskap även om det saknades några redskap enligt lärarna. Laborieutrustningen spelade en viktig roll i kemilärarens planeringsarbete. Lärarna planerade det experimentella arbetet genom att beakta utrustningen i skollaboratoriet. Utrustningen fungerade alltså som utgångspunkt för planeringen.

6.3.2 Utredningens tillförlitlighet

Bara en liten del av skolorna i Finland deltog i utredningen och de flesta skolorna låg i södra Finland (bilaga 2). Därför är resultatet riktgivande och representerar inte hela landets verkliga situation. Utredningen gav i alla fall intressant information om skollaboratoriernas utrustning och kemilärarnas åsikter om laborieredskapen. Med hjälp av vidare forskning kan skolornas utrustning utvecklas så att den lämpar sig bättre för kemilärarnas undervisning och experimentellt arbete. Syftet med studien var att skapa en överblick över skolornas utrustning och det fanns en strävan efter att lyfta fram kemilärarnas synvinklar. Det behövs ytterligare forskning om detta ämne innan det kan dras några längre gående slutsatser om tillgången till utrustning i finländska skolor.

7 Utveckling av laborationsarbetet

I detta kapitel behandlas avhandlingens experimentella del. I texten presenteras strukturen för planeringsproceduren som användes under planeringsarbetet och motiveringarna för val och beslut som påverkade slutresultatet. Resultatet är ett färdigt laborationsarbete som finns i bilaga 4.

7.1 Planeringsprocessen

Under planeringsprocessen följdes samma struktur som presenterades i forskningen av Sanchez (se kapitel 4.1) och avhandlingens teoretiska referensram utnyttjades i planeringen. Under den första planeringsfasen undersöktes referenser. Som referenser fungerade mål och innehåll i kemin i både gymnasiet och universitet. Gymnasiekemin analyserades med hjälp av grunderna för läroplanen och läroböcker. Universitetskemin studerades med hjälp av studentguiden. Centralt för planeringen var att speciellt studera kurser och deras innehåll inom analytisk kemi. Innehållen jämfördes med varandra och likheterna mellan de två utbildningsnivåerna studerades närmare. Likheterna hjälpte att hitta och bestämma ett gemensamt ämne som behandlas i båda utbildningsnivåerna.

Under den andra fasen valdes mål och innehåll för laborationsarbetet utgående från referenserna. Man ville välja ett aktuellt ämne som intresserar studerande men också ett innehåll som lämpar sig för båda utbildningsnivåerna. Miljökemin valdes på grund av en aktiv diskussion om miljöns tillstånd i samhället. Klimatförändringen och mikroplaster har blivit vanliga samtalsämnen också bland unga vuxna. Flera ungdomar är intresserade av miljövänlighet och en ekologisk livsstil. Man valde lärandemål som utvecklade forskningsfärdigheter samt ökade medvetandet om aktuella miljöproblem bland unga vuxna.

Arbetsättet och aktiviteterna bestämdes enligt lärandemålen. Man ville att laborationsarbetet skulle basera sig på arbetssätt som aktiverade studeranden. Man valde en undersökande ansats som stödde utvecklingen av forskningsfärdigheter men var också typiskt för kemin. Motorisk verksamhet (hur man arbetar tryggt och noggrant i laboratoriet) och en naturvetenskaplig forskningsprocess betonades i

experimentet (man börjar med referenser och fortsätter till den experimentella delen). Till experimentet valdes aktiviteter som studerande kunde genomföra själva från början till slut. Det behövdes inte många redskap eller speciell utrustning för genomförandet av experimentet.

Under den sista fasen i planeringen dokumenterades planen. Korta instruktioner skrevs för laborationsarbetet. Instruktionerna innehöll en beskrivning om konkret verksamhet som gjordes under arbetet. Man separerade olika arbetsfaser för att underlätta uppföljning av arbetet. Man ville att instruktionerna skulle fungera som stöd för genomföringen av arbetet och minskar kemilärarens arbetsmängd under laborationerna.

7.2 Instruktionerna för arbetet

Instruktionerna finns bifogade i bilaga 4. Det finns två separata arbetsinstruktioner för en styrd och en öppen laboration. I laborationsarbetet behandlas polymerer ur miljökemins synvinkel. Målsättningen med arbetet är att studerande fördjupar sina kunskaper om polymerer och analysmetoder, bekantar sig med miljökemin och lär sig olika arbetsmetoder. Studeranden kan arbeta ensamma eller parvis. Under arbetet bekantar studeranden sig med forskningsämnet, tar prov utanför laboratoriet samt behandlar och analyserar prov i skollaboratoriet. Hela forskningsprocessen är synlig för studerandena. Inläringen kan bedömas med hjälp av en rapport.

Laborationsarbetet innehåller en FTIR-ATR-analys (eng. *Fourier Transform Infrared Attenuated Total Reflection*) som utnyttjar materialens olika absorptionsförmåga. Ett material absorberar infrarött ljus av vissa våglängder och med hjälp av ett IR-spektrum kan man identifiera ämnen. Analysen kan sannolikt genomföras bara vid ett universitet. Gymnasierna har inte vanligtvis en dyr FTIR-apparat. Experimentet kan ändå genomföras utan den kvalitativa analysen. Teorin och den konkreta verksamheten under arbetet passar bra för båda utbildningsnivåerna. Teorin som fungerar som grund för arbetet (polymerer) undervisas i gymnasiet. Laborationsarbetet kräver mycket motorisk verksamhet och noggrannhet när man separerar synliga mikroplaster i proven. Arbetets fördel är att studerande bara behöver känna till vanlig laboratorieutrustning (t.ex. filtreringsredskap, pincetter och mikroskop) och vanliga arbetsmetoder.

Referenser

1. Sirha, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish science education* 4 (2), s.2–20.
2. Friesen, S. & Scott, D. (2013). Inquiry-based learning: A review of the research literature. Attachment 1. Paper prepared for the Alberta Ministry of education.
3. Aksela, M. (2009). Kokeellisuus kemian oppimisen tukena – teoriaa ja käytäntöä. I *Kemian Opetuksen Päivät 2009: Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin*. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino Oy. s. 17–22.
4. Aksela, M. & Arajärvi, K. (2009). Kokeellisuus ja kiinnostus kemian opetuksessa (T). I *Kemian Opetuksen Päivät 2009: Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin*. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino Oy. s. 172–180.
5. Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: Research and practice* 5 (3), s. 247–264.
6. Kannanotto: Fysiikan ja kemian opetustilat, välineet ja ryhmäkoot. Fysiikka ja kemia toimikunta. Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MAOL ry. 19.8.2019.
7. Montonen, M. (2007). Kemian opetuksen tila. I Aksela, M. & Montonen, M. *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin. Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 29.–30.3.2007. Osa I*. Helsinki: Opetushallitus. s. 7–8
8. Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning* 7 (2), s. 75–83.
9. Grunderna för läroplanen för den grundläggande utbildningen 2014. *Föreskrifter och anvisningar 2014:96*. Utbildningsstyrelsen. s. 9–16, 394–399.

10. Johnstone, A. H. (2000) Teaching of chemistry – logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1 (1). Centre for Science Education, University of Glasgow. s. 9–15.
11. De Jong, O. & Taber, K. S. (2007). Teaching and learning the many faces of chemistry. I Abell, S. & Lederman, N. *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. s. 631–652.
12. Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. I Gilbert, J. *Chemical education: Towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 189–212.
13. Oversby, J. (2000). Models in explanations of chemistry: The case of acidity. I Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 227–251.
14. Bergqvist, A. (2012). Models of chemical bonding: Representations used in school textbooks and by teachers and their relation to students' difficulties in understanding. *Karlstad University Studies* 12.
15. Eilks, I. & Hofstein, A. (2013). Teaching chemistry – A studybook. A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers.
16. Barnea, N. (2000). Teaching and learning about chemistry and modelling with a computer managed modelling system. I Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 307–323.
17. Gilbert, J. K. (2007). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. I Gilbert, J. K. *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer. s. 9–27.
18. Lundell, J. & Aksela, M. (2003). Molekyylimallinnus ja kemian opetus. *Dimensio* 5, s. 47–49.
19. Gilbert, J.; Boulter, C. & Rutherford, E. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 3–18.

20. Vesterinen, V.; Aksela, M. & Sundberg, M. R. (2009). Nature of chemistry in the national frame curricula for upper secondary education in Finland, Norway and Sweden. *NorDina: Nordisk Tidsskrift i Naturfagdidaktikk*.
21. Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002). Models and Modelling in Chemical Education. I Gilbert, J. K.; De Jong, O.; Justi, R.; Treagust, D. & Van Driel, J. *Chemical education: Towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 47–68.
22. Buckley, B. C. & Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. I Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. *Developping models in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 119–135.
23. Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education* 24 (4), s. 369–387.
24. Taber, K. S. & Coll, R. (2002). Bonding. I Gilbert, J.; De Jong, O.; Justi, R.; Treagust, D. & Van Driel, J. *Chemical education: Towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 213–234.
25. Gilbert J. K.; Boulter, C. J. & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. I Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s. 3–17.
26. Grosslight, L.; Unger, C.; Jay, E. & Smith, C. L. (1991). Understanding model and their use in science: Conceptions of middle and highschool student and experts. *Journal of Research in Science teaching* 28 (9), s. 799–822.
27. Saari, H. (2000). *Oppilaiden käsitys malleista ja mallintaminen peruskoulun fysiikassa*. Joensuu: Joensuun yliopisto.
28. Kern, A. L.; Wood, N. B.; Roehrig, G. H. & Nyachwaya, J. (2010). A qualitative report of the ways high school chemistry students attempt to represent a chemical reaction at the atomic/molecular level. *Chemistry Education Research and Practice* 11 (3), s. 165–172.
29. Bloom, B. S.; Engelhart, M. D., Furst, E. J.; Hill, W. H. & Kraftwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Handbook I: Cognitive domain*. New York: David McKay.

30. Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory Into Practice* 41 (4), s. 212–218.
31. Aksela, M. (2005). Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach. Helsingin yliopisto, Tieteen tiedekunta, kemian laitos.
32. Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
33. Kärnä, P; Houtsonen, L. & Tähkä, T. (2012). Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012. Koulutuksen seurantaraportit 2012:10. Opetushallitus.
34. Fisher, R. (1990). Teaching children to think. Oxford: Basil Blackwell Ltd.
35. Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapoas. Lavonen, Meisalo et al. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos, Käyttäytymistieteellinen tiedekunta, Matemaattisten aineiden opetuksen kehittämiskeskus, Helsingin yliopisto.
<<https://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotapa/>> 1.10.2019
36. Bell, R. L. (2009). Teaching the nature of science: Three critical questions. Best practices in science education. National Geographic Learning.
37. Tiedon määrittelyä. University of Eastern Finland.
<<https://www.uef.fi/fi/web/aducate/tiedon-maarittelya>> 24.9.2019
38. Tolvanen, S.; Aksela, M.; Ahola, M.; Haatainen, O.; Huusko, J.; Kannisto, H.; Kähkönen, O.; Kääriäinen, V-P.; Laamanen, J.; Lahdelma, M. et al. (2013). Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus sekä oppiminen (osa V): Historiallinen lähestymistapa kemian opetukseen 2. LUMAT 1 (4), s. 441.
39. Ahtee, M. (1998). Arkitieto ja tieteellinen tieto luonnontieteiden opetuksessa. Suomen kasvatustieteellinen aikakauskirja 29 (4), Koulutuksen tutkimuslaitos, Jyväskylä.
40. Engeström, Y. (1996). Perustietoa opetuksesta. Helsinki: Valtiovarainministeriö. s. 28–30, 104–106.
41. Forskning angående förhandsuppfattningar. Lavonen, Meisalo et al. Centret för forskning och utveckling i de matematiska ämnena didaktik, Helsingfors universitet.

<https://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/ennakko/main.sv.htm>

22.9.2019

42. von Aufschnaiter, C. & von Aufschnaiter, S. (2007). University students' activities, thinking and learning during laboratory work. *European Journal of Physics* 28, s. 51–60.
43. Hmelo, C. E.; Holton, D. L. & Kolodner, J. L. (2000). Designing to learn about complex systems. *Journal of the Learning Sciences* 9, s. 247–298.
44. Ojala, J. (1997). Kirjoittamaton kirja, kirjoitettu kirja ja luonnonkirja. Planetaariset ilmiöt teksteinä ja kuvina peruskoulun ja lukion oppikirjoissa. *Tutkimuksia* 63, Opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän yliopisto.
45. Vygotski, L. S. (1982). Ajattelu ja kieli. (Översättare på finska Helkama, K. & Koski-Jännes, A.). Espoo: Weilin+Göös. s. 154–160.
46. Salmio, K. (2008). Miksi jää sulaa? Ympäristö- ja luonnontiedon oppimistulosten arviointi vuonna 2006. Oppimistulosten arviointi 2/2008. Helsinki: Opetushallitus. s. 19.
47. Sahlberg, P. & Ahtee, M. (1990). Oppilaiden ennakkokäsitykset opetuksen lähtökohtana – konstruktivismi luonnontieteissä. *Dimensio* 54 (5), s. 20–25.
48. Gabel, D. (1996). The complexity of chemistry: Research for teaching in the 21st century. Presenterad i International conference on chemical education (14th). Brisbane, Australia. Genom artikel av Levy Nahum, T.; Hofstein, A.; Mamlok-naaman, R. & Bar-dov, Z. (2004). Can final examination amplify students' misconceptions in chemistry? *Chemistry Education: Research and practice* 5 (3).
49. Levy Nahum, T.; Hofstein, A.; Mamlok-naaman, R. & Bar-dov, Z. (2004). Can final examination amplify students' misconceptions in chemistry? *Chemistry Education: Research and practice* 5 (3), s. 301–325.
50. Erduran, S. (2003). Examining the mismatch between pupil and teacher knowledge in acid-base chemistry. *School Science Review* 84 (308), s. 81–87.
51. Osborne, R. J. & Cosgrove, M. A. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching* 20 (9), s. 825–838.

52. Nuić, I. & Glažar, S. A. (2015) Integration of macroscopic and submicroscopic level for understanding fundamental chemical concepts using webbased learning material. I Learning science: Conceptual understanding. Part 1, strand 1.
53. Chang, J.-Y. (1999). Teachers college students' conceptions about evaporation, condensation, and boiling. *Science Education* 83 (5), s. 511–526.
54. Johnson, P. (2005). The Development of children's concept of a substance: A longitudinal study of interaction between curriculum and learning. *Research in Science Education* 35, s. 41–61.
55. Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology* 13 (2), s. 147–159.
56. Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates bonding misconceptions. *Journal of Science Education* 23 (7), s. 707–730.
57. Coll, R. K., & Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science and Technological Education* 19, s. 171–19.
58. Yılmaz, A., & Morgil, I. (2001). Identifying the misconceptions of students in terms of chemical bonds Hacettepe University, Faculty of Education *Journal* 20, s. 172–178.
59. Devetak, I.; Vogrinc, J. & Glažar, S. A. (2007). Assessing 16-year-old students' understanding of aqueous solution at submicroscopic level. *Research in Science Education*. Springer Science + Business Media B.V.
60. Devetak, I. & Glažar, S. A. (2010). The influence of 16-year-old students' gender, mental abilities, and motivation on their reading and drawing submicrorepresentations achievements. *International Journal of Science Education* 32 (12), s. 1561–1593.
61. Slapničar, M.; Tompa, V.; Glažar, S. A. & Devetak, I. (2018). Fourteen-year-old students' misconceptions regarding the submicro and symbolic levels of specific chemical concepts. *Journal of Baltic Science Education* 17 (4), s. 620–632.

62. Wickman, P.-O.; Hamza, K. & Lundegård, I. (2018). Didaktik och didaktiska modeller för undervisning i naturvetenskapliga ämnen. *NorDiNa* 14 (3), s. 239–249.
63. Augustsson, G. & Boström, L. (2016). Teachers' leadership in the didactic room: A systematic literature review of international research. *Acda Didactica Norge* 10 (3).
64. Tomperi, P. & Aksela, M. (2011). Opettajien kokeellisten laboratoriotöiden valinnat 2011. Opettajan suunnitelutyö ja sen toteutuminen käytännössä. I *Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää*. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
65. Ryan, R. & Deci, E. (2017). Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development and wellness. New York, NY: Guilford Press.
66. Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher* 15 (2), s. 4–14.
67. Abell, S. K.; Park Rogers, M. A.; Hanuscin, D. L.; Lee, M. H. & Gagnon, M. J. (2008). Preparing the next generation of science teacher educators: A model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of Science Teacher Education* 20, s. 77–93.
68. Abell, S. K. (2007) Research on science teacher knowledge. I *Anonymous handbook of research on science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates. s. 1105–1149.
69. Gess-Newsome, J. (2013). Pedagogical content knowledge. I Hattie, J. & Anderman, E. M. *International guide to student achievement*. New York: Routledge. s. 257–259.
70. Keller, M.M.; Neumann, K. & Fischer, H. E. (2017). The impact of physics teachers' pedagogical content knowledge and motivation on students' achievement and interest. *Journal of Research in Science Teaching* 54 (5), s. 568–614.
71. Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. I Gess-Newsome, J. & Lederman, N. *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic. s. 3–10
72. Grunderna för gymnasiets läroplan 2015. *Föreskrifter och anvisningar 2015:48*. Utbildningsstyrelsen. s. 14, 162–165

73. Lonka, K. (1991). *Aktivoiva opetus*. Helsinki: Kirjayhtymä. s. 12–17.
74. Bada, S. O. (2015). Constructivism learning theory: A paradigm for teaching and learning. *Journal of Research & Method in Education* 5 (6), s. 66–70.
75. Michael, J. A. & Modell, H. I. (2010). *Active learning in secondary and college science classrooms: A working model for helping the learner to learn*. New York: Routledge.
76. Sesena, B. A. & Tarhan, L. (2010). Promoting active learning in high school chemistry: learning achievement and attitude. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2, s. 2625–2630.
77. Tutkiva oppiminen-kursmaterialet. Lonka, K. Helsingfors universitet.
<http://www.oph.fi/download/113589_kirsti_lonka_250809.pdf>
26.9.2019
78. Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education* 88 (28), s. 28–54.
79. Hakkarainen, K; Bollström-Huttunen, M.; Pyysalo, R. & Lonka, K. (2005). *Tutkiva oppiminen käytännössä – Opettajan matkaopas*. Helsinki: WSOY. s. 16–273.
80. Bell, R. L.; Binns, I. & Smetana, L. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, National Science Teacher Association. s. 30–33.
81. Rezba, R. J. (2007). *Learning and assessing science process skills* (5. edition). Dubuque, Iowa: Kendall/ Hunt Publishing Company.
82. Century, J.; Levy, A.J. & Minner, D.D. (2009). Inquiry-based science instruction – what is it and what does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching* 47 (4), s. 474–496.
83. Pedaste, M.; Mäeots, M.; Siiman, L. A.; De Jong, T.; van Riesen, A. N.; Kamp, E. T.; Manoli, C. C.; Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review* 14, s. 47–61.
84. Abrams, E.; Southerland, S. A. & Evans, C. (2007). Identifying necessary components of a useful definition. I Abrams, E.; Southerland, S. & Silva,

- P. Inquiry in the science classroom: Challenges and opportunities. Charlotte, North Carolina: Information age publishing, s. 11–42.
85. Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984) Learning how to learn. Cambridge: Cambridge University Press.
 86. Kurtén-Finnäs, B. (2008). Det var intressant, man måste tänka på så mycket: Öppna laborationer och V-diagram i kemiundervisningen. Åbo: Åbo Akademi förlag.
 87. Perusopetus 2020 – Yleiset valtakunnalliset tavoitteet ja tuntijako. Opetus- ja kulttuuriministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2010:1. Undervisnings- och kulturministeriet. s. 129–135.
 88. Millar, R.; Tiberghien, A. & Le Maréchal, J. F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. I Psillos, D. & Niedderer, H. Teaching and learning in the science laboratory. Dordrecht: Kluwer Academic Press. s. 9–20.
 89. Kokeellisuuden työtavat. Lavonen, Meisalo et al. Opettajan koulutuslaitos, Matemaattisten aineiden opetuksen tutkimus- ja kehittämiskeskus, Helsingin yliopisto.
<<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/index.htm>> 23.9.2019
 90. Fisher, R. (1990). Teaching Children to Think. Oxford: Basil Blackwell Ltd. s. 16.
 91. Bennett, J. & Kennedy, D. (2001). Practical work at the upper high school level: the evaluation of a new model of assessment. International Journal of Science Education 23 (1), s. 97–110.
 92. Aksela, M. & Juvonen, R. (1999). Kemian opetus tänään-tutkimusraportti. Opetushallitus. Moniste 27/1999. Helsinki: Edita Oy.
 93. Abrahams, I. (2009). Does practical laboratory work really motivate? A study of the affective value of practical work in secondary school science. International Journal of Science Education 31 (17), s. 2335–2353.
 94. Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. I Fraser, B. J. & Tobin, K. G. International Handbook of Science Education. Dordrecht: Kluwer Academic Press.

95. Berry, A.; Mulhall P.; Gunstone, R. & Loughran, J. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers' Journal* 45 (1), s. 27–31.
96. Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
97. Lampiselkä, J. (2013) *Demonstraatiot lukion kemian opetuksessa. Aineenopettajakoulutuksen vaihtoehdot ja tutkimus*. Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto.
98. McKee, E.; Williamson, V. M. & Ruebush, L. E. (2007). Effects of a demonstration laboratory on student learning. *Journal of Science Education and Technology* 16 (5), s. 395–400.
99. Bellon, J. J.; Bellon, E. C. & Blank, M. A. (1992). *Teaching from a research knowledge base: A development and renewal process*. New York: Macmillan.
100. Sánchez, G. & Valcárcel, V. M. (1999). Science teachers' views and practices in planning for teaching. *Journal of Research in Science Teaching* 36 (4), s. 493–513.
101. Zazkis, R.; Liljedahl, P. & Sinclair, N. (2009). Lesson plays: Planning teaching versus teaching planning. *Learning of Mathematics* 29 (1), s. 40.
102. Freiberg, H. J. & Driscoll, A. (2000). *Universal teaching strategies*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
103. Bolstad, A. (2011). *Handbok i lärande, Hur du lär ut för att andra ska lära in*. Lund: Studentlitteratur AB.
104. John, P. D. (2006). Lesson planning and the student teacher: re-thinking the dominant model. *Journal of Curriculum Studies* 38 (4), s. 483–498.
105. Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education* 30 (14), s. 1945–1969.
106. Erätuuli, M. & Meisalo, V. (1991). *Luonnontutkimustehtävien analyysi fysiikan ja kemian opetuksen tavoitteiden näkökulmasta: Teorian jatkokehittelyä ja peruskoulun oppilaiden saamien tulosten analyysi*. Opettajankoulutuslaitoksen tutkimuksia 93, Helsingin yliopisto.

107. Lederman, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. I Flick L. B. & Lederman N. G.: Scientific inquiry and the nature of science. Science & Technology Education Library 25. Dordrecht: Springer. s. 304.
108. Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society: The Development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.
109. Laajaniemi, A. & Aksela, M. (2009). Informaali oppiminen oppilaiden vapaa-ajalla ja kemian opetuksessa. I Kallioniemi, A. Uudistuva ja kehittyvä ainedidaktiikka: Ainedidaktinen symposiumi 8.2.2008 Helsingissä, Osa 1. Soveltavan kasvatustieteen laitos, Helsingin yliopisto. s. 174–188.
110. Lavonen, J.; Juuti, K.; Uitto, A.; Meisalo, V. & Byman, R. (2005). Luonnontieteiden opetuksen kiinnostavuus peruskoulussa. I Manninen, A.; Miettinen, K. & Kiviniemi, K. Tutkimustuloksia nuorten näkemyksistä teknologia-alasta ja luonnontieteiden opetuksesta. Mirror-julkaisu 6. Helsinki: Teknologiateollisuus.
111. Krapp, A.; Hidi, S. & Renninger, K. A. (1992). Interest, learning, and development. I Renninger, K. A.; Hidi, S. & Krapp, K. The Role of Interest in learning and development. Hillsdale, NJ: Erlbaum. s. 3–25.
112. Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. I Gilbert, J. Chemical Education: Towards research-based practice. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. s.189–212
113. Laaksonen, L. & Mäkelä, M-L. (2003). Turvallinen työskentely koululaboratoriossa. Helsinki: MFKA-kustannus.
114. Kolis, A.; Välishaari, J. & Asunta, T. (2007). Työturvallisuus kemian opetuksessa. I Aksela, M. & Montonen, M. Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluuihin. Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 29.–30.3.2007. Osa II Perusopetus ja toinen aste. Helsinki: Opetushallitus. s. 3–14
115. Tomperi, P. & Aksela, M. (2009) Lukion kemian oppikirjojen laboratoriotöiden analysointi käyttäen SOLO-taksonomiaa (T). I Kemian Opetuksen Päivät 2009: Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluuihin. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto, Helsinki.

116. Magwilang, E. B. (2016). Teaching chemistry in context: It's effect on students' motivation, attitudes and achievement in chemistry. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* 15 (4), s. 60–68.
117. Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. I *High school science laboratories: Role and vision*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
118. Lappalainen, A. (1992). *Oppikirjan historia*. Porvoo: WSOY.
119. Heinonen, J.-P. (2005). Opetussuunnitelmat vai oppimateriaalit. Peruskoulun opettajien käsityksiä opetussuunnitelmian ja oppimateriaalien merkityksestä opetuksessa. *Tutkimuksia* 257. Soveltavan kasvatustieteen laitos, Helsingin yliopisto, Helsinki.
120. Lavonen, J. (2002). Luonnontieteitä yhteistoiminnallisesti. I Sahlberg, P. & Sharan, S. *Yhteistoiminnallisen oppimisen käsikirja*. Helsinki: WSOY.
121. Sikorova, Z. (2012). The role of textbooks in lower secondary schools in the Czech Republic. *International association for research on textbooks and educational media, e-Journal* 4 (2), s. 1–22
122. Ahtineva, A. (2001). Opetuksen suunnittelussa ja toteutuksessa oppikirjan analysointi avuksi, *Dimensio* 65 (2), s. 16–21
123. Viiri, J. (2000). Vuorovesi-ilmiön selityksen opetuksellinen rekonstruktio. Joensuun yliopiston kasvatustieteellisiä julkaisuja 59. Joensuu: Joensuun yliopistopaino.
124. Gericke, N. M.; Hagberg, M.; Santos, V. C.; Joaquim, L. M., & El-Hani, C. N. (2012). Conceptual variation or incoherence? Textbook discourse on genes in six countries. *Science & Education*. Advance online publication.
125. Abd-El-Khalick, F.; Waters, M.; & Le, A.-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching* 45, s. 835–855.
126. Mikkilä, M. (1992). Oppimateriaalin laatu ja osuus opetussuunnitelmien toteuttamisessa sekä opetuksen ja oppimisen suuntautumisessa. I Olkinuora, E.; Lappalainen, M. & Mikkilä, M. *Nuorisoiän yleissivistävän opetuksen nykytilan ja tuloksellisuuden arviointia*, Turun yliopisto, Oppimistutkimuksen keskus, julkaisuja 1, Turku. s 99–135.

127. Anttalainen, H. & Tulivuori, J. (2011). Luonnontieteiden opetustilat, työturvallisuus ja välineet. Perusopetus ja lukio. Oppaat ja käsikirjat 2011:6. Opetushallitus.
128. Seppänen, R; Mannila, L.; Kervinen, M.; Parkkila, I.; Konttinen, P.; Karkela, L. & Yli-Kokko, T. (2013). MAOL taulukot. Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MAOL ry. Helsinki: Otavan Kustannusosakeyhtiö Otava. s.174

Bilaga 1. Enkäten för kemilärarna

Utredning av skollaboratoriets utrustning ur lärares synvinkel

Lärarens bakgrund


Jag undervisar i

- ☐ Gymnasiet
- ☐ Grundskolan
- ☐ Båda utbildningsnivåerna

Utrustning i skollaboratoriet

Välj de utrustningsgrupperna som finns i din skola

- ☐ Kartor, tabeller och modeller (t.ex. molekyllmodeller, periodiska systemet)
- ☐ Mätredskap (t.ex. pipett, mätglas)
- ☐ Uppvärmningsredskap (t.ex. bunsenbrännare, tändstickor)
- ☐ Apparater och mätare (t.ex. termometer, pH-mätare)
- ☐ Spektroskopi ja kromatografi (t.ex. TLC-skiva, kyvetter)
- ☐ Destillerings- och sugfiltreringsverktyg (t.ex. Buchner-tratt, rundkolv)
- ☐ Lagrings- och förvaringsredskap (t.ex. provrör, kärl)
- ☐ Forskningsredskap för undersökning av vattnets egenskaper (t.ex. Secchi-skiva, pH-papper)
- ☐ Merkantila forskningspaket (t.ex. Discover Density kit PASCO)

Finns det flera olika redskap för ett och samma syfte? 

- ☐ Jo, det finns
- ☐ Nej, det finns inte

Användning av utrustning

Approximera hur mycket du använder följande utrustningsgrupper på dina lektioner

	Aldrig	Sällan	Ibland	Ofta	Alltid
Kartor, tabeller och modeller	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mätredskap	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uppvärmningsredskap	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apparater och mätare	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Spektroskopi ja kromatografi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Destillerings- och sugfiltreringsredskap	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lagrings- och förvaringsredskap	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forskningsredskap för undersökning av vattnets egenskaper	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Merkantila forskningspaket	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vilka redskap använder du mest på dina lektioner? (5 stycken)

Hur använder du dem?

Varför använder du dessa redskap?

Kan redskapen ersättas med andra redskap?

Vilka redskap använder du minst? (5 stycken av de redskapen som finns i skollaboratoriet)

Varför använder du inte dessa redskap?

Utrustningens egenskaper

Lärares åsikter om utrustningen

	Instämmer inte alls	Instämmer inte	Vet inte	Instämmer delvis	Instämmer helt
Jag är nöjd med utrustningen i skollaboratoriet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utrustningen omfattar alla centrala redskapen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Det saknas inte redskap från utrustningen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redskapen lämpar sig till experimentellt arbete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redskapen kan användas på flera olika sätt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kvaliteten på utrustningen är bra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redskapen räcker för alla (grupper/elever)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redskapen passar till undervisningen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utrustningen är mångsidig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Utrustningens påverkningar

	Instämmer inte alls	Instämmer inte	Vet inte	Instämmer delvis	Instämmer helt
Jag har ersatt ett redskap med ett annat redskap under planering av experimentellt arbete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jag har övergett ett experiment på grund av redskap som saknades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jag har modifierat experiment så att det passar med utrustningen som finns i skollaboratoriet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Jag planerar experiment enligt tillgång till utrustning	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jag söker idéer för experiment utifrån utrustningen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
När jag planerar experiment kontrollerar jag vilka redskap jag har tillgång till	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
När jag planerar experiment jag kontrollerar redskaps mängd	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redskaps mängd påverkar mitt planeringsarbete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tillgång till utrustningen påverkar mitt planeringsarbete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tillgång till utrustningen begränsar inte min kreativitet under planeringsarbetet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jag använder ofta kreativitet i användningen av utrustning	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Det är svårt att koppla ihop ett experiment som jag har planerat och redskap som jag har tillgång till	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Ingen inverkan	Liten	Någonlunda	Betydande	Stor inverkan
Uppskatta utrustningens inverkan på ditt planeringsarbete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bilaga 2. Listan över skolorna

Tabell 1. De finländska skolorna dit enkäten skickades elektroniskt. Skolorna svarade anonymt och alla skolor i listan deltog inte i utredningen.

Svenskspråkiga skolor	Stad/kommun
1. Björneborgs svenska samskola, gymnasium	Björneborg
2. Borgå Gymnasium	Borgå
3. Brändö gymnasium	Helsingfors
4. Ekenäs gymnasium	Raseborg
5. Gymnasiet Grankulla samskola	Grankulla
6. Gymnasiet i Petalax	Malax
7. Gymnasiet Lärkan	Helsingfors
8. Hangö gymnasium	Hangö
9. Helsing gymnasium	Vanda
10. Jakobstads gymnasium	Jakobstad
11. Karis-Billnäs gymnasium	Raseborg
12. Katedralskolan i Åbo	Åbo
13. Kimitoöns gymnasium	Kimitoön
14. Kotka Svenska Samskola	Kotka
15. Kristinestads gymnasium	Kristinestads
16. Kronoby gymnasium	Kronoby
17. Kyrksläpps gymnasium	Kyrkslätt
18. Lovisa Gymnasium	Lovisa
19. Mattlidens gymnasium	Esbo
20. Närpes gymnasium	Närpes
21. Pargas svenska gymnasium	Pargas
22. Topeliusgymnasiet i Nykarleby	Nykarleby
23. Svenska samskolan i Tammerfors, gymnasiet	Tammerfors
24. Sibbo gymnasium	Sibbo
25. Botby grundskola	Helsingfors
26. Dalsbruks skola	Kimitoön
27. Hoplaxskolan	Helsingfors
28. Höjdens skola	Raseborg
29. Iniö skola	Pargas
30. Kyrkbackens skola	Pargas
31. Mikaelsskolan	Raseborg
32. Skärgårdshavets skola	Pargas

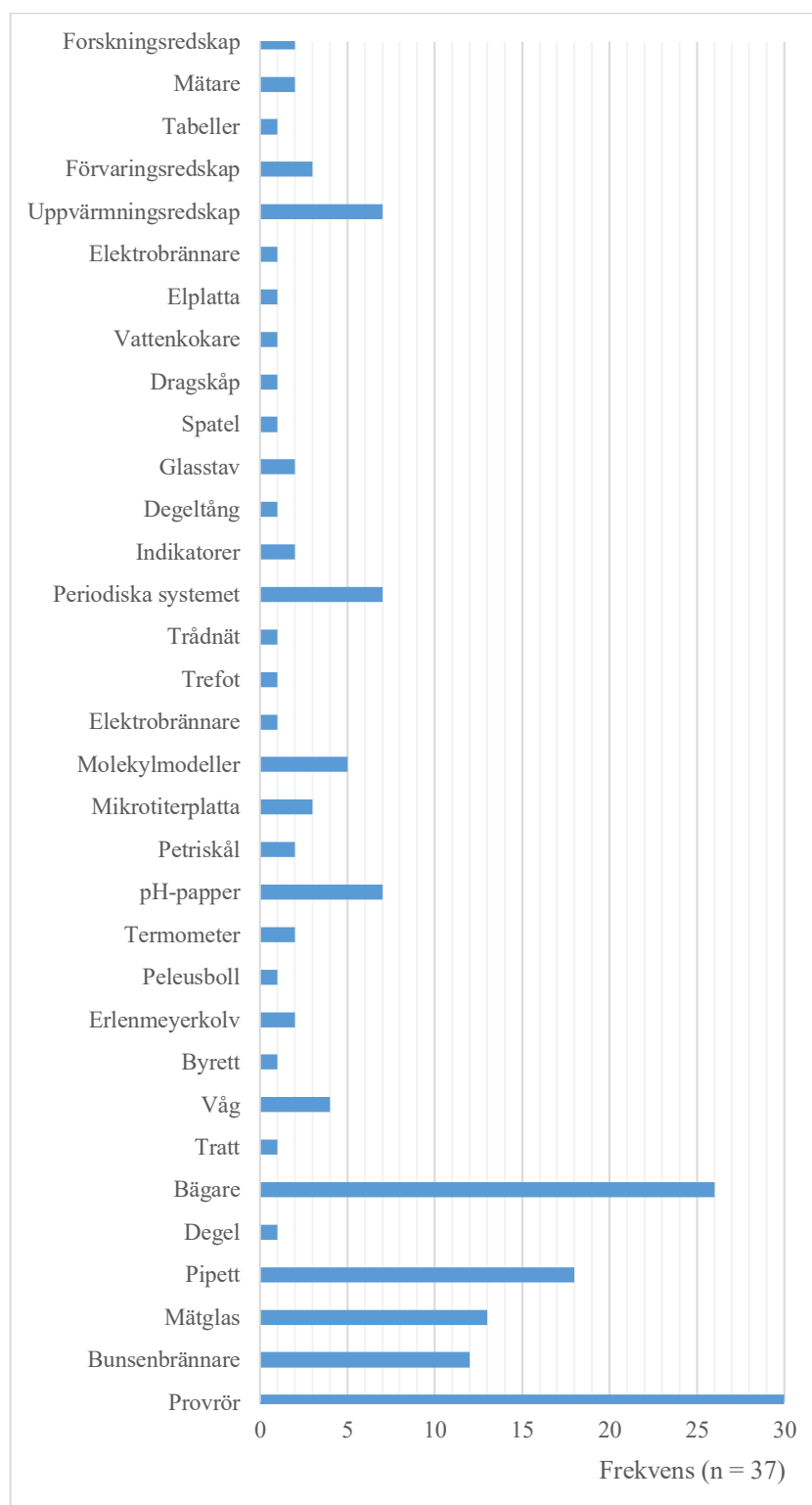
33.	Storängens skola åk 7-9	Esbo
34.	Svenska privatskolan i Uleåborg	Uleåborg
35.	Winellska skolan	Kyrkslätt
36.	Borgaregatans skola	Wasa
37.	Cronhjelsmskolan	Larsmo
38.	Donnerska skolan	Karleby
39.	Ekenäs högstadieskola	Raseborg
40.	Hagelstamska skolan	Grankulla
41.	Hangö högstadium	Hangö
42.	Helsinge skola	Vanda
43.	Högstadiet i Petalax	Malax
44.	Karis svenska högstadium	Raseborg
45.	Kimitonejdens skola	Kimitoön
46.	Korsholms högstadium	Korsholm
47.	Kristinestads högstadieskola	Kristinestad
48.	Källhagens skola	Lojo
49.	Lovisavikens skola	Borgå
50.	Närpes högstadieskola	Närpes
Finskspråkiga skolor		Stad/kommun
51.	Maunun koulu	Rusko
52.	Laurin koulu	Mynämäki
53.	Hemmingin koulu	Masku
54.	Ilmaristen koulu	Lundo
55.	Liedon lukio	Lundo
56.	Piikkiön yhtenäiskoulu	S:t Karins
57.	Valkeavuoren koulu	S:t Karins
58.	Piispanlähteen koulu	S:t Karins
59.	Kaarinan lukio	S:t Karins
60.	Raisio lukio	Reso
61.	Vaisaaren koulu	Reso
62.	Tarvasjoen koulu	Tarvasjoki
63.	Puolalanmäen lukio	Åbo
64.	Turun Steiner-koulu	Åbo
65.	Turun Suomalaisen Yhteiskoulun lukio (TSYK)	Åbo

Bilaga 3. Data från utredningen

Tabell 1. Användning av utrustningen. I tabellen presenteras frekvens och relativ frekvens för användningen av utrustning från de olika utrustningsgrupperna i skolorna ($n = 37$). Användningsnivå 1 i tabellen står för svarsalternativ "aldrig", 2 för "sällan", 3 för "ibland", 4 för "ofta" och 5 för "alltid".

Utrustningsgruppen	Användningsnivån i skolorna				
	Frekvens och relativ frekvens ($n= 37$)				
	1	2	3	4	5
Kartor, tabeller och modeller	2 (5 %)	2 (5 %)	7 (19 %)	19 (51 %)	7 (19 %)
Mätredskap	0 (0 %)	0 (0 %)	5 (14 %)	25 (68 %)	7 (19 %)
Uppvärmningsredskap	0 (0 %)	1 (3 %)	11 (30 %)	21 (57 %)	4 (10 %)
Apparater och mätare	0 (0 %)	6 (16 %)	19 (51 %)	10 (27 %)	4 (10 %)
Spektroskopi och kromatografi	29 (78 %)	2 (5 %)	3 (8 %)	0 (0 %)	1 (3 %)
Destillerings- och sugfiltreringredskap	8 (22 %)	16 (43 %)	9 (24 %)	1 (3 %)	3 (8 %)
Lagrings- och förvaringsredskap	0 (0 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	24 (65 %)	12 (32 %)
Forskningsredskap för undersökning av vattnets egenskaper	6 (16 %)	11 (30 %)	13 (35 %)	4 (10 %)	3 (8 %)
Merkantila forskningspaket	30 (81 %)	6 (16 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)

Tabell 2. Användningsfrekvensen för de mest använda redskapen i skolan. Varje kemilärare rapporterade fem redskap som användes mest på kemilektionerna. Några svar (till exempel Chromebook) beaktades inte i tabellen.

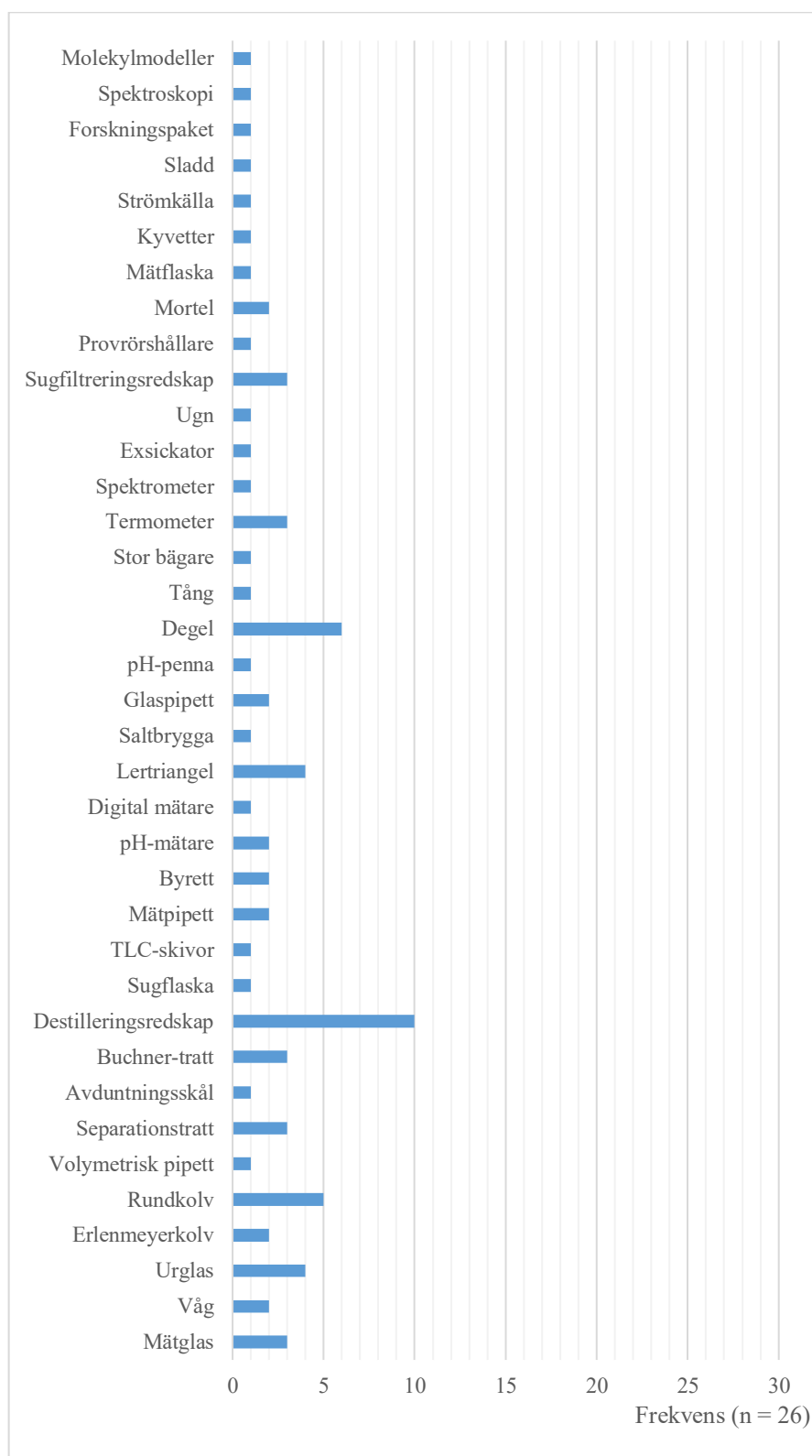


Tabell 3. Klassificering av lärarnas svar på frågan "Varför använder du dessa redskap?". I tabellen presenteras 34 svar med lärarnas utbildningsnivå.

Orsaken	Utbildningsnivån	Klassen
Basredskap i kemi	Gymnasiet	Basutrustning
De lämpar sig för laborationer som eleverna själv kan göra	Grundskolan	Egenskaper
De är nödvändiga i undervisning/laborationer	Grundskolan	Basutrustning
De är tydliga och "berättande" för eleverna	Grundskolan	Egenskaper
Det ingår i LP att eleverna har kunskap om typiska arbetssätt för kemin	Grundskolan	Anknytning
Enkla att hantera, går att använda till många saker	Gymnasiet	Egenskaper
Enkla, lättanvända och tillgängliga	Grundskolan	Egenskaper
För att belysa den experimentella delen på ett ändamålsenligt sätt	Grundskolan	Anknytning
För att eleverna ska lära sig den praktiska kemin	Båda	Anknytning
för att ge studerandena praktiska erfarenheter	Båda	Anknytning
För att kemi är ett sådant ämne där vi laborerar mycket	Grundskolan	Anknytning
För att konkretisera och förklara	Gymnasiet	Anknytning
För att kunna knyta teorin till praktiska exempel	Grundskolan	Anknytning
För att åskådliggöra	Gymnasiet	Anknytning
För de behövs vid laborationerna	Grundskolan	Basutrustning
Grundläggande för att kunna utföra kemiska experiment	Grundskolan	Basutrustning
Lätta att använda. Går att tillämpa till mycket	Gymnasiet	Egenskaper
Omväxling, bättre förståelse	Gymnasiet	Anknytning
Omöjligt att laborera utan dessa	Grundskolan	Basutrustning
Standard labbutrustning ska man använda i kemi	Gymnasiet	Basutrustning

Tydliga och "berättande" för eleverna	Grundskolan	Egenskaper
Underlätta förståelsen	Grundskolan	Anknytning
Utan dem skulle allt vara teori	Båda	Anknytning
Sopivat helppoihiin ja selkeisiin töihin sekä ovat perusvälineistöä joka löytyy	Grundskolan	Egenskaper, Basutrustning
Ne ovat hyvät perusvälineet, joita tarvitaan monessa työssä	Gymnasiet	Basutrustning
Näitä välineitä tarvitaan eniten kemian ensimmäisillä lukion kursseilla	Gymnasiet	Basutrustning
Kuuluu moneen kurssiin	Gymnasiet	Krav
Toimivat ja helposti saatavilla	Grundskolan	Egenskaper
Havainnollistamiseen	Grundskolan	Anknytning
helppo ja käytännöllinen	Grundskolan	Egenskaper
Ne ovat parhaita välineitä kyseisiin töihin	Gymnasiet	Egenskaper
Ne ovat monikäyttöisiä	Grundskolan	Egenskaper
Helpot ja toimivat, aina saatavilla	Båda	Egenskaper
Ne ovat riittävät	Grundskolan	Egenskaper

Tabell 4. Användningsfrekvensen för de minst använda redskapen i skolan. Varje kemilärare rapporterade fem redskap som användes minst på kemilektionerna. Några svar (till exempel ”föremål som egentligen hör till museum”) beaktades inte i tabellen.



Tabell 5. Klassificering av lärarnas svar på frågan "Varför använder du inte dessa redskap?". I tabellen presenteras 27 svar med lärarnas utbildningsnivå.

Orsaken	Utbildningsnivån	Klassen
Används under en kort tid i kursen	Grundskolan	Behov
De behövs inte så ofta	Grundskolan	Behov
De behövs sällan	Båda	Behov
De finns i färre laborationer	Grundskolan	Behov
De är inte längre aktuella i läroplanen	Grundskolan	-
De är typiska för ett väldigt smal ämnesområde	Grundskolan	Behov
Det är inte ändamålsenligt då vi behöver hinna med ganska mycket teori också	Båda	-
Det är så sällan de behövs i laborationerna	Grundskolan	Behov
Det är sällan man behöver väldigt exakta mängder i högstadiet	Grundskolan	Behov
Finns inte klassuppsättning	Gymnasiet	-
För att det finns så mycket olika verktyg	Gymnasiet	-
Har inte haft kurs där de sku behövas	Gymnasiet	Behov
Har tydligen inte laborationsarbeten där dessa lämpar sig	Gymnasiet	Behov
Ingår marginellt i kurserna	Grundskolan	-
Inte så många helheter var dessa redskap behövs	Grundskolan	Behov
Tid för långa laborationer finns inte	Gymnasiet	Egenskaper
Tidskrävande att använda och hör endast till enstaka kurser	Gymnasiet	Egenskaper, Behov
Ei tehdä töitä joissa tarvitaan, ph-kynä siksi koska meillä on nykyään digitaaliset	Grundskolan	Behov
En ole harjoitellut digivälineiden käyttöä	Grundskolan	-

Kyseisiä laitteita tarvitaan vain kerran tai kaksi kurssien aikana	Gymnasiet	Behov
Ne ovat niin vanhoja	Grundskolan	Egenskaper
Sopivat enemmän tarkkuttaa vaativiin ja aikaa vievempiin töihin	Grundskolan	Egenskaper
Teemme hyvin harvoin töitä, joissa kuumennetaan. Emme myöskään tee isoja liuosmääriä	Gymnasiet	Behov
Tutkimus, missä niitä tarvitaan, tehdään ehkä kerran vuodessa	Grundskolan	Behov
Tämän tyyppisiä töitä ei juuri ole	Grundskolan	Behov
Töissä ei tarvita niin tarkkaa mittausta	Grundskolan	Behov
Välineet ovat puutteellisia tai niitä on liian vähän	Gymnasiet	Egenskaper

Bilaga 4. Instruktionerna för laborationsarbetet

Analys av mikroplaster (styrd)

Inledning

Mikroplaster har blivit ett stort problem i naturen. Plaster ackumuleras i levande organismer som musslor och fiskar, och de vandrar upp i födokedjan till människan. Enligt undersökningar förekommer plaster till och med i honung och öl. Mikroplaster kan isoleras, behandlas och identifieras på många sätt. Det finns inte ännu standarder för plastundersökning varför man inte heller kan jämföra olika forskningsresultat med varandra på ett pålitligt sätt.

I detta laborationsarbete analyseras mikroplaster med hjälp av kvantitativ och kvalitativ analys. Isolerings- och analyseringsmetoderna baserar sig på artikeln av Andrady (2011) och FTIR-ATR-analys (eng. *Fourier Transform Infrared Attenuated Total Reflection*) och data på forskningen av Jung et al (2018).



Skriftlig del

Rapporteringen börjas före själva laborationsarbetet.

1. Läs igenom instruktionerna.
2. Bekanta dig med referenserna och den aktuella forskningen om mikroplaster.
3. Skriv inledningen. Vilka är nyckelbegreppen och deras definitioner? Varför och hur studerar man mikroplaster?

Experimentell del

1.1 Provtagning

Det behövs tre olika prov för detta arbete. Ett prov tas i torr mark (t.ex. sand), ett prov i våt mark (t.ex. strand) och ett prov i vatten. Volymen för proven ska vara cirka 100 ml. Före provtagningen sköljs tre glasburkar med jonbytt vatten och täcks med ett lock för att undvika kontamination. Proven tas direkt till glaskärnen genom att sänka burken ner i vattnet eller gräva burken ner i marken. Alla prov tas från mark- eller vattenytan. Proven förvaras i glaskärl.

1.2 Isolering av plast

Varje prov behandlas på olika sätt före analyseringen. Alla glasvaror som används under arbetet sköljs med jonbytt vatten före användningen och provkärlet täcks alltid med ett lock för att undvika kontamination!

Det torra markprovet delas i några petriskålar så att stora stenar och biomassa (t.ex. små blad, gren och levande organismer) kan separeras från provet.

Det våta markprovet behandlas med cirka 50 ml varmt saltvatten. Saltvattnet tillsätts provet och blandas med en glasstav. Blandningen läts stå tills det bildas två tydliga faser. Bara de flytande partiklarna analyseras.

Vattenprovet filtreras genom ett tätt filterpapper. Filterpappret sätts på ett petriskål för torkning. Om vattenprovet innehåller rikligt med biomassa och partiklar kan provet delas i två (två filtreringar och filterpapper).

1.3 Kvantitativ och kvalitativ analys

Alla prov analyseras med blotta ögat och med hjälp av ett mikroskop (också vanlig förstoringsglas lämpar sig till för undersökningen). Under analyseringen separeras plastpartiklarna från den andra massan i provet med hjälp av pincetter. Plastpartiklarna sätts på ett separat urglas eller petriskål som har ett vitt papper som underlag (obs. plastpartiklarna från olika prov får inte blandas med varandra). Det vita pappret hjälper också analyseringen av partiklarna. Partiklarnas storlek mäts (i millimeter) och deras utseende beskrivs kort (färg och genomskinlighet).

Delar av plastpartiklar (och partiklar som verkar vara plast) kan analyseras med FTIR-ATR-metoden. Platsproven sköljs med vatten före mätning och i mätningen används följande parametrar: mätområde $4000\text{--}450\text{ cm}^{-1}$ med 8 scan, data intervall 1 cm^{-1} och resolution 4 cm^{-1} . Identifieringen görs genom att jämföra de erhållna spektra med karakteristiska absorptionsband för olika plasttyper (se bilagorna nedan).

1.4 Rapportering

Abundans av mikroplast i varje prov presenteras i enheten partiklar per m^3 .

Storleken, färgen och genomskinligheten för plastpartiklar tabelleras. Om FTIR-ATR-analys används kan också plasttypen ges i tabellen. En del av resultatet presenteras med en figur i rapporten.

Referenser

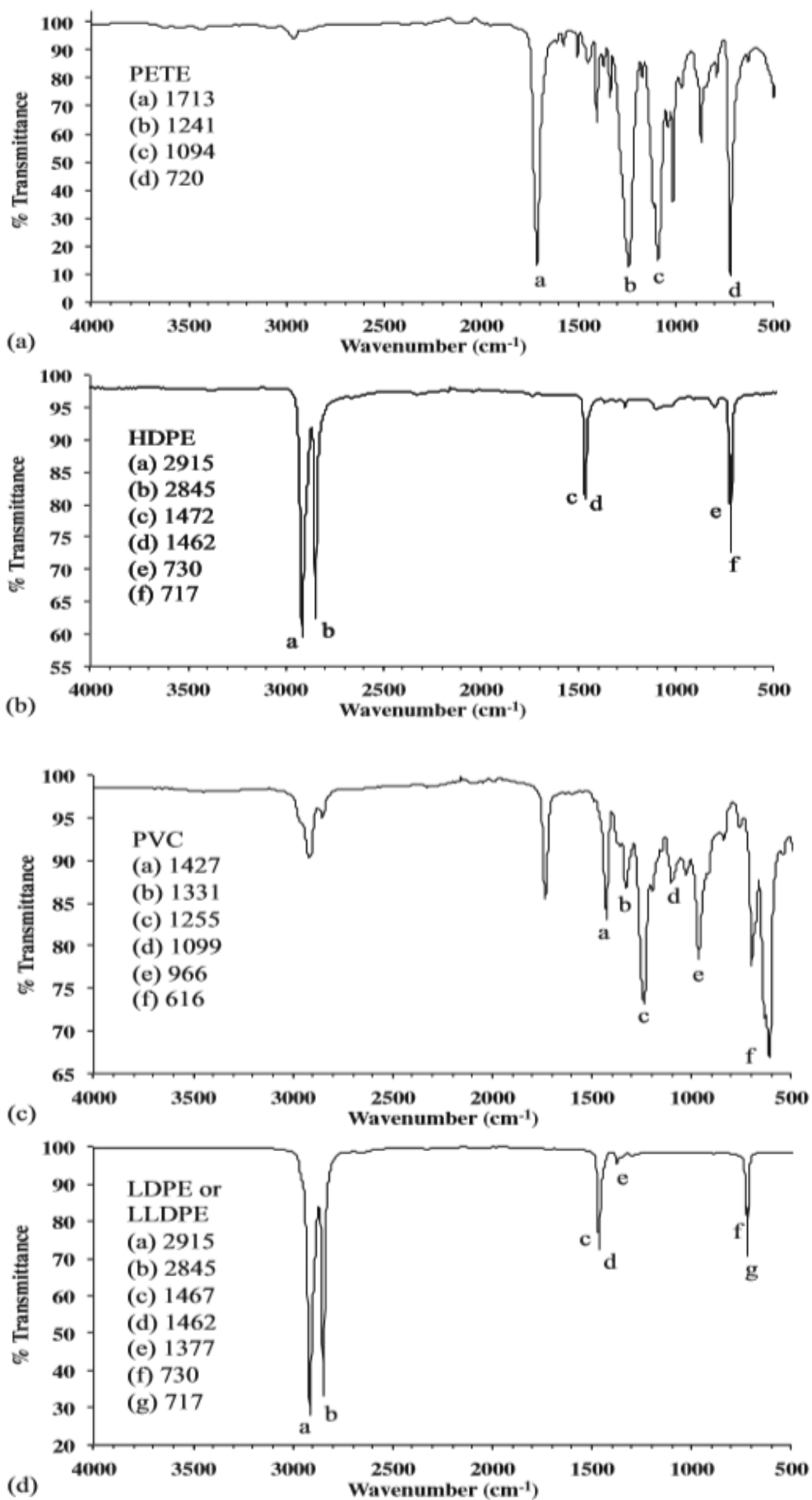
Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin 62 (8).

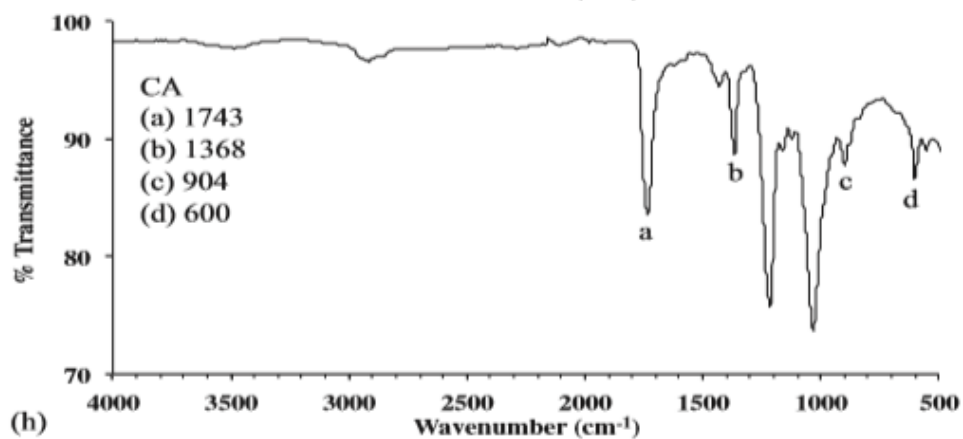
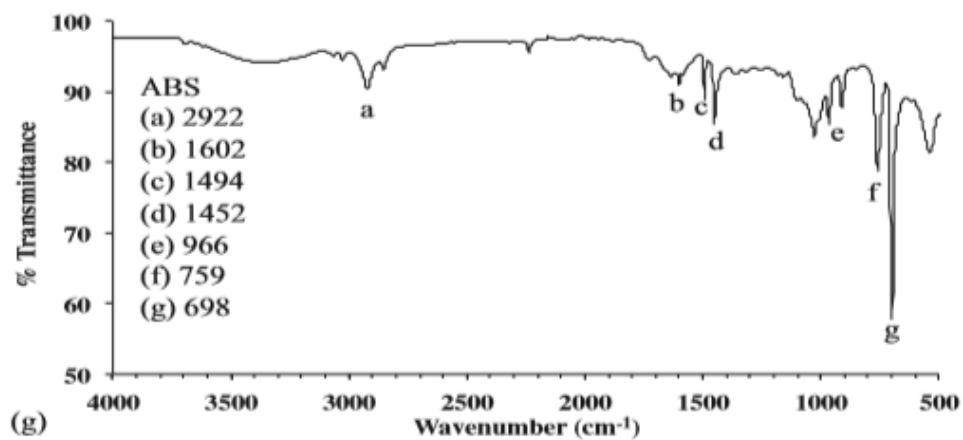
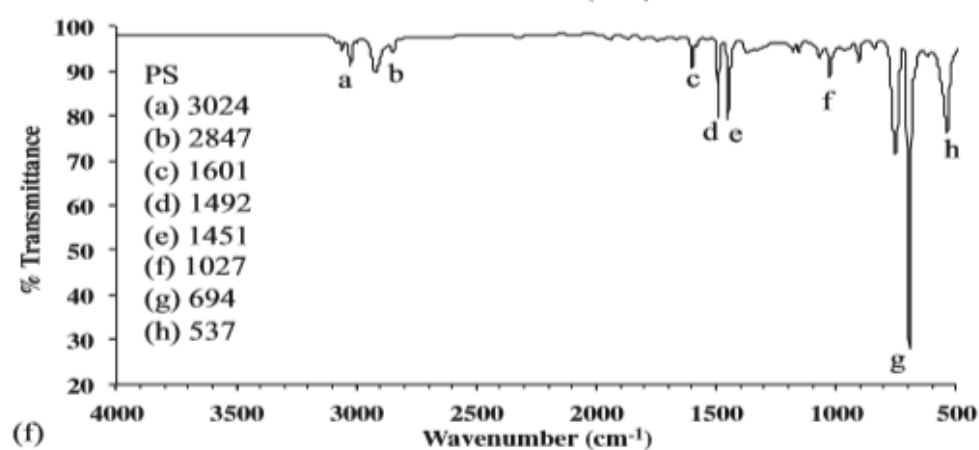
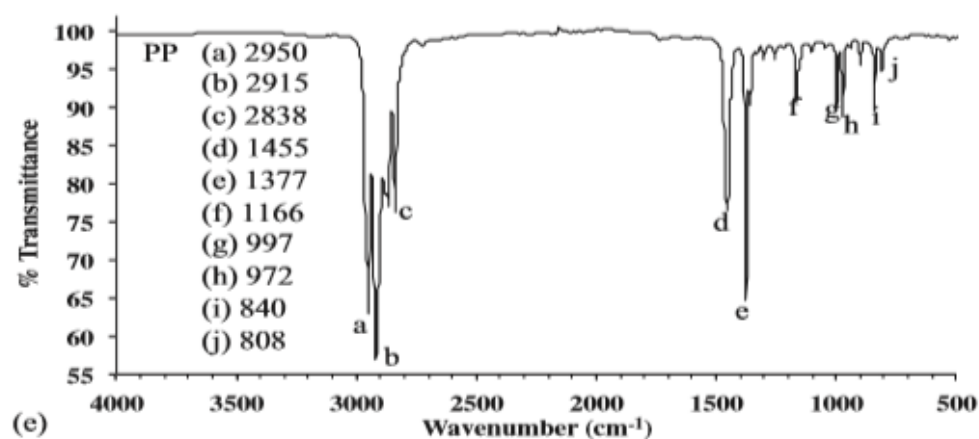
Jung, M. R.; Horgen, F. C.; Orski, S. V.; Rodriguez, V.; Beers, K. L.; Balazs, G. H.; Jones, T. T.; Work, T.M.; Brignac, K. C.; Royer, S-J. et al. (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. Marina Pollution Bulletin 127, s. 704-716

Allmänna plasttyper och deras förkortningar



PETE eller PET	Polyetentereftalat
HDPE	Polyeten med hög densitet
PVC	Polyvinylklorid
LDPE eller LLDPE	Polyeten med låg densitet
PP	Polypropen
PS	Polystyren
ABC	En sampolymer av akrylnitril-, butadien- och styren-monomer
CA	Cellulosa-asetat

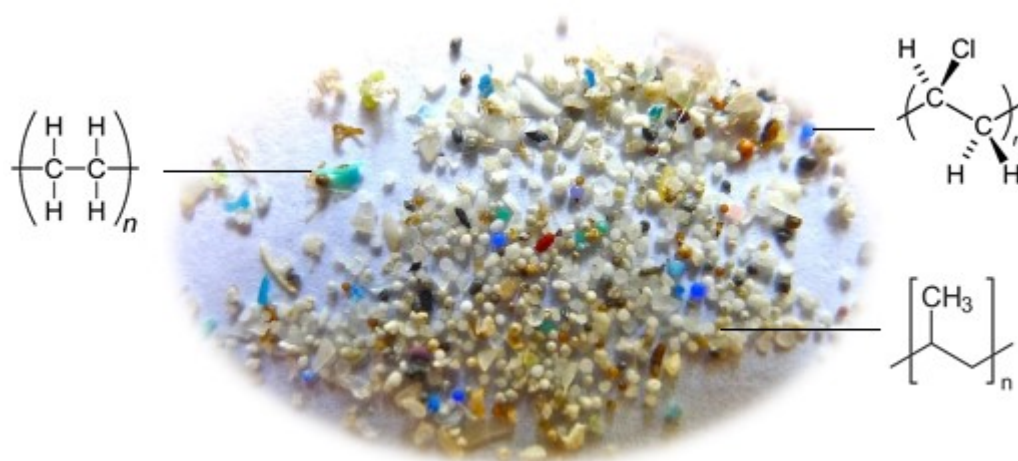




Analys av mikroplaster (öppen)

Inledning

Mikroplaster har blivit ett stort problem i naturen. Plaster ackumuleras i levande organismer som musslor och fiskar, och de vandrar upp i födokedjan till människan. Enligt undersökningar förekommer plaster till och med i honung och öl. Mikroplaster kan isoleras, behandlas och identifieras på många sätt. Det finns inte ännu standarder för plastundersökning varför man inte heller kan jämföra olika forskningsresultat med varandra på ett pålitligt sätt.



Instruktioner

Planera och genomför ett experiment där du studerar mikroplaster som förekommer i naturen. Du kan använda artiklar (på följande sida) som hjälp. Det lönar sig att bekanta sig med aktuell forskning och tänka på följande frågor:

1. Vilka är nyckelbegrepp och deras definitioner?
2. Hur samlar man prov, hurdana prov och hur mycket?
3. Hur behandlar man prov före analyseringen?
4. Hur isolerar man mikroplaster i provet?
5. Hur analyserar man plastprov?
6. Hur kan man bekräfta att plastprovet faktiskt är plast?
7. Hur kan man identifiera plasttypen av plastprovet?

Presentera din forskningsplan för läraren och genomför experimentet. Efter arbetet skriv en rapport. Kom ihåg att rapporten ska innehålla följande delar: inledning, målsättning och metoder, resultat, slutsatser och diskussion.

Exempel på undersökningar:

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. Marine Pollution Bulletin 62 (8).

Jung, M. R.; Horgen, F. C.; Orski, S. V.; Rodriguez, V.; Beers, K. L.; Balazs, G. H.; Jones, T. T.; Work, T.M.; Brignac, K. C.; Royer, S-J. et al (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. Marina Pollution Bulletin 127, s. 704-716